

Stahl und Eisenbeton im Geschoßgroßbau

Ein wirtschaftlicher Vergleich

von

Dr. techn. **Gustav Spiegel**

Mit 5 Textabbildungen und
25 Zahlentafeln



Berlin
Verlag von **Julius Springer**
1928

**Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.**

ISBN-13: 978-3-642-98208-8

e-ISBN-13: 978-3-642-99019-9

DOI: 10.1007/978-3-642-99019-9

Vorwort.

In langjähriger Tätigkeit bei Bahnverwaltungen und bei Baufirmen habe ich mich mit dem Stahlbau und mit dem Eisenbetonbau in Theorie und Praxis in gleicher Weise beschäftigt, so daß ich glaube, dem behandelten Gegenstande vorurteilslos gegenüberzustehen. Die im November 1926 der Techn. Hochschule in Braunschweig vorgelegte Dissertation von Dipl.-Ing. Erich Frank: „Vergleichende Betrachtungen über die Wirtschaftlichkeit der Verwendung von Eisen und Eisenbeton im Geschoßgroßbau“ gab mir die Anregung zur vorliegenden kritischen Ausarbeitung. Ist auch bei dem offensichtlichen Mangel an zusammenfassenden vergleichenden Arbeiten über die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Bauweisen die Wahl des Themas und das Herangehen Franks an seine Aufgabe durchaus erfreulich, so bedürfen seine Angaben und Folgerungen doch einer wesentlichen Berichtigung. Indem er sich etwas einseitig vorzugsweise dem Eisenbetonbau zuwendet, gelangt er zu dem Ergebnis, daß im Geschoßgroßbau dem Stahlbau nur mehr eine beschränkte Wettbewerbsfähigkeit zukomme. Demgegenüber habe ich hier auf Grund eingehender Überprüfungen versucht, ein tunlichst richtiges Bild der Wirtschaftlichkeit beider Bauweisen herauszuarbeiten, wie auch zur Klarstellung ihrer Eigenheiten beizutragen und an der Hand der zergliedernden Untersuchung dem Leser die Möglichkeit zu bieten, sich selbst ein nach den gegebenen Verhältnissen zutreffendes Urteil zu bilden.

Pilsen, im Februar 1928.

Gustav Spiegel.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitende Betrachtungen	1
I. Die Untersuchungen Franks in ihren Ergebnissen und Schlußfolgerungen	3
1. Allgemeines	3
2. Die Decken	4
3. Die Stützen	8
4. Die Kosten der einzelnen Geschosse	11
5. Die Konstruktionshöhen	11
6. Vor- und Nachteile der beiden Bauweisen	12
7. Zusammenfassung der Hauptergebnisse Franks	13
II. Vergleichende Untersuchung der Wirtschaftlichkeit und des Nutzwertes für einen Großgeschoßbau in Stahl oder Eisenbeton	13
1. Die Festlegung der Aufgabe und ihre bauliche Lösung in Stahl und Eisenbeton	13
2. Die Preisberechnung	16
3. Die Decken	20
4. Die Stützen	24
5. Die Fundamente	26
6. Die Gesamtkosten	28
7. Vergleichende Betrachtungen und Rückblicke über die Ausführung in Stahl und Eisenbeton	29
8. Die Bauzeiten	30
9. Die Frage der Raumausnützung	32
10. Der Einfluß der beiden Bauweisen auf die sonstige Benützbarkeit des Gebäudes	34
11. Schlußwort	36

Einleitende Betrachtungen.

Die ganze Entwicklung unseres heutigen Wirtschaftslebens, die fortschreitenden Bestrebungen in der Vereinigung und Zusammenfassung von Industrien, Unternehmungen, Banken und Verwaltungen im Verein mit den immer lauter gewordenen großstädtischen Verkehrsfragen, haben das damit zusammenhängende Hochhausproblem zu einem auch die breitere Öffentlichkeit angehenden Wirtschafts- und Bauproblem gemacht. Eine Reihe so entstandener Nutzbauten haben bereits begonnen, als ein Merkzeichen unseres Zeitalters eine neue Note in die deutschen Großstädte zu tragen und angesichts der vielen in Erwägung gezogenen Großbauten, die nur ihrer Verwirklichung harren, ist die Frage ihrer zweckmäßigen und sparsamen Durchbildung eine dringende Angelegenheit. Vor allem ist die dem Architekten und Bauingenieur nächstliegende Frage, welche der beiden hier in Betracht kommenden Bauweisen — Stahl oder Eisenbeton — die größeren wirtschaftlichen Aussichten und die größere Berechtigung hat, eine Grundfrage des Hochhausbaues überhaupt, die für die ganze Weiterentwicklung dieser neuzeitlichen Bauten von ausschlaggebender Bedeutung ist und bei den hierfür auflaufenden namhaften Kostensummen auch in die Volkswirtschaft eingreift.

Die bedeutende Entwicklung, die der Eisenbetonbau in einem Zeitraum von kaum mehr als einem Vierteljahrhundert gefunden hat, seine Anwendung auf allen Gebieten des Bauwesens, und nicht zuletzt die durch die Monolithät geschaffenen neuen statischen Probleme haben seinen scharfen Wettbewerb mit dem Stahlbau ermöglicht aber andererseits auch vielfach zu seiner Überschätzung als „moderner“ Bauweise verleitet ohne die neuzeitliche Entwicklung zu beachten, die dabei gleichzeitig den Stahlbau in der Ausnützung der Festigkeiten des hochwertigen Materials und in der Sorgfalt und Genauigkeit seiner baulichen Durchbildung — gestützt auf die vertiefteren theoretischen Erkenntnisse in Verbindung mit den Ergebnissen des technischen Versuchswesens — dazu befähigt haben, auch den schwierigsten Bauaufgaben gerecht zu werden. In diesem Sinne darf auch die von Dipl.-Ing. E. Frank verfaßte, oben genannte Dissertation als eine bei dieser Einstellung leicht mögliche Verkennung der Anpassungsfähigkeit des Stahlbaues betrachtet werden. Zudem erfordert eine solche Untersuchung einen nicht geringen Aufwand an zergliedernder Arbeit, und so führt in der schon gut gestellten Vergleichsaufgabe bei der Untersuchung der Stahlkonstruktion die Nichtbeachtung der erforderlichen Genauigkeit einiger Berechnungsgrundlagen und einiger wichtigen Gesichtspunkte zu einer beträchtlichen Verschiebung der Wirtschaftlichkeitsgrenze zugunsten des Eisenbetonbaues. In seinen, den letzteren auf breiterer Grundlage behandelnden Berechnungen kommt Frank — bestärkt durch verschiedene, in Eisenbeton

ausgeführte Großbauten (Hansahaus in Köln, Ullsteinhaus in Berlin u. a.) — zu dem Schlusse, daß bei gleicher Wirtschaftslage beider Bauweisen, der Eisenbeton die wirtschaftlichere Ausführung sei und dem Stahlbau hier nur mehr eine beschränkte wirtschaftliche Berechtigung — bis zu höchstens zwei belasteten Geschossen zukomme. Hierzu wäre zunächst zu bemerken, daß in Deutschland neuerdings eine größere Zahl von Hochhäusern in Stahl ausgeführt wurden; so z. B.

das Lochner Haus in Aachen,
 der Borsig-Turm,
 ein großes 11stöckiges Kühlhaus in Hamburg,
 das ebenfalls 11stöckige Verwaltungsgebäude des Kraftwerkes Klingenberg,
 das große Schaltwerk der Siemens-Schuckert-Werke u. a. m.

Außerdem erscheint es nötig, die Untersuchungen Franks in ihren Grundlagen genauer zu überprüfen. Die vorliegende Arbeit liefert nun, wie sich weiter unten zeigen wird, das Ergebnis, daß umgekehrt der Stahlbau für ein Gebäude der vorgelegten Art die wirtschaftlichere Bauweise ist und im Großgeschößbau durchaus wettbewerbfähig ist.

Wenn man sich nur die großartige Entwicklung vor Augen hält, die der Hochhausbau in Amerika gefunden hat, wird man es sich nicht versagen können, Anregungen hieraus auch für unsere Verhältnisse zu suchen. Es braucht diesbezüglich nur auf den Bericht über das Gebäude der American Insurance Union in Columbus im Staate Ohio¹ verwiesen werden, um zu ersehen, welche gewaltigen Bauaufgaben dem Stahlbau hier noch vorbehalten sind. Zu den Mitteilungen über das bemerkenswerte Stahlgerüst dieses Hauses von rd. 100 m hohen Flügeln und einem Eckturm von 170 m Höhe schreibt Cajar die einleitenden Worte, die hier angeführt seien: „Die amerikanischen Eisenkonstrukteure können von ihren hiesigen Berufsgenossen um ein reiches Betätigungsfeld, nämlich den Hochhausbau, beneidet werden. Es treten hier Probleme auf, die mit der zur Zeit üblichen Eisenbetonbauweise nicht zu lösen sind, so daß der Eisenbau, abgesehen natürlich von den Fundierungen, nahezu konkurrenzlos dasteht, und es ist nur zu bedauern, daß unseren Eisenkonstrukteuren, wenigstens vorläufig noch, eine derartig ergiebige Gelegenheit zu schöpferischer Tätigkeit entgeht.“ Der erwähnte Bau ist aber noch keineswegs die Grenze des Möglichen; — man rechnet dort mit Wolkenkratzern von noch größerer Höhe und es stehen dem Stahlbau noch Aufgaben bevor, die seine bisherige Entwicklung in Schatten stellen werden².

In Erkenntnis der mehr oder weniger großen Unsicherheit einer genauen Vorausberechnung wird die Entscheidung über die zu wählende Bauweise auf dem Wege der öffentlichen Ausschreibung gesucht. In der Untersuchung der Wirtschaftlichkeit einer Bauanlage sind aber eine Reihe so vieler Umstände in Betracht zu ziehen, daß nur deren Erwägung in ihrer Gesamtheit eine zuverlässige Beurteilung ermöglicht. Zu den unmittelbaren Baukosten treten noch die Kosten der Unterhaltung, der allfällig späterhin erforderlichen Umgestaltung oder Vergrößerung, schließlich sind noch die mit dem Zweck des Baues zusammenhängenden Fragen der Lebensdauer und seines Nutzwertes in Rechnung zu ziehen.

¹ Der Bauingenieur 1927, H. 8, S. 134.

² Der Bauingenieur 1927, H. 48, S. 890.

Alle diese Fragen sollen im Verlaufe dieser Untersuchungen gestreift und insbesondere dabei festgestellt werden, wie weit der Stahlbau hierin zu seinem Rechte kommt.

I. Die Untersuchungen Franks in ihren Ergebnissen und Schlußfolgerungen.

1. Allgemeines.

Als Vergleichsobjekt für die Untersuchung der Wirtschaftlichkeit der beiden Bauweisen wählt Frank einen Gebäudegrundriß nach Abb. 1 mit gleicher quadratischer Feldereinteilung in allen Geschossen, wie er als typisches Schema

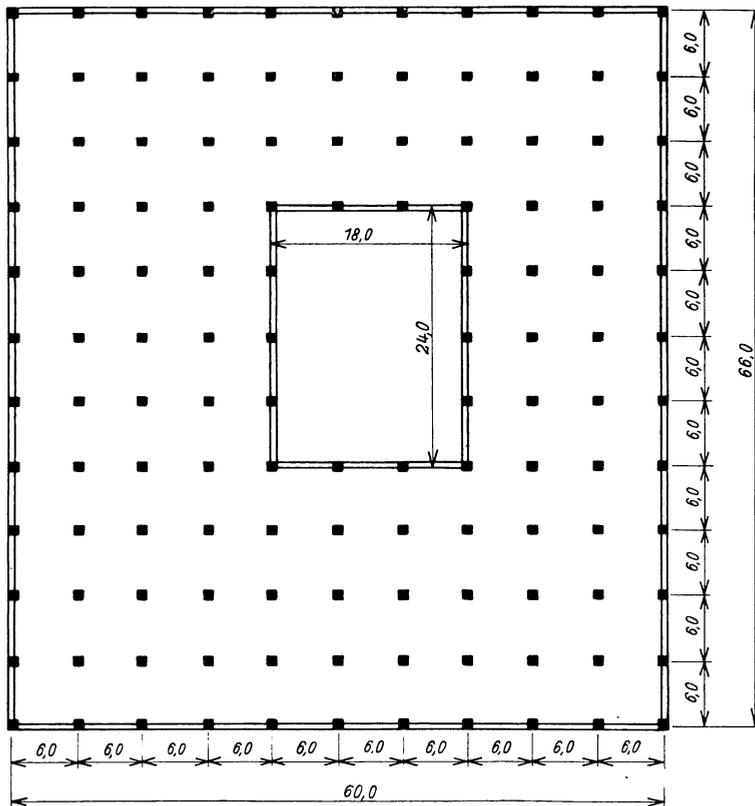


Abb. 1.

für ein Gebäude größeren Stils für Geschäfts- und Fabrikationszwecke sich ergeben könnte. Der vorgelegte Bau weist eine bebaute Grundfläche — in der Richtung der Achsen der Außenstützen gemessen — von 3528 m² mit der viel gebräuchlichen Säulenstellung von 6,00 × 6,00 m auf; dabei sind Treppen, Fahrstühle und sonstige die Deckenkonstruktionen durchbrechende Anlagen, die in allen Ausführungsarten annähernd die gleichen Unterschiede ergeben würden, weggedacht. Als Geschoßhöhen sind in beiden Ausführungsarten an-

genommen: für die Obergeschosse einschließlich Dachraum 4,00 m, für das Erdgeschoß 5,00 m und den Keller 3,00 m; dies ergibt eine Gesamthöhe vom Fußboden des Erdgeschosses bis zur Decke des Dachgeschosses von 24,00 m.

Als Nutzlasten sind 250, 500, 750, 1000, 1500 und 2000 kg/m² für sechs Geschoßbauten der vorbezeichneten Aufteilung angenommen. Die Untersuchung ist für den Stahlbau (Bauart: Kleinesche Hohlsteindecken zwischen Walzträgern und durchlaufende Unterzüge auf Stahl-Stützen) und für die drei hauptsächlichsten in Zahlentafel b näher angeführten Bauarten in Eisenbeton durchgeführt. Alle näheren Belastungsannahmen, Material- und Lohnpreise und die den Berechnungen zugrunde liegenden Vorschriften sind in den Abschnitten 1 bis 3 des II. Teiles angegeben, und nur einige dort nicht behandelte Preisangaben sind zur Erläuterung des Vorgebrachten in den nächsten Absätzen eingeflochten worden. Hier soll zunächst nur der wesentliche Inhalt der Frankschen Untersuchungen an der Hand der beigegebenen tabellarischen Auszüge in ihren Hauptergebnissen besprochen und kritisch gewürdigt werden, um daraufhin die folgenden Untersuchungen aufzubauen und einen Vergleich mit ihnen zu ermöglichen.

2. Die Decken.

a) Die Geschoßdecken.

Die Aufteilung der Felder für die Stahlkonstruktion ist aus Zahlentafel a ersichtlich. — Die Trägerlagen erscheinen für $\sigma_{zul} = 1560 \text{ kg/cm}^2$ (St 48) berechnet.

Bei der Gewichtsermittlung ist für die Kappenträger mit teilweiser Einspannung für Verschnitt, Anschußwinkel und Kleiseisenzeug ein Zuschlag von 10% auf das Zahlentafelgewicht hinzugerechnet, für die durchlaufenden Hauptträger sind 5% in Ansatz gebracht. Die Stärke der feuersicheren Monierummantelung sowie die Aufbetonhöhe über der Trägeroberkante sind mit je 5 cm angenommen, so daß die höchsten Trägerprofile den um 10 cm verminderten Konstruktionshöhen nach Zahlentafel a entsprechen.

Zahlentafel a. Kosten der Stahlkonstruktion mit Kleinescher Decke¹.

Nutzlast kg/m ²	Entfernung der Kappenträger m	Konstruktionshöhe cm	Gewicht der Stahlkonstruktion kg/m ²	Preise je m ² Grundfläche			
				Stahlkonstruktion	Kleinesche Decke, gestelzt	Trägerummantelung	Insgesamt RM.
250	3,0	44	27,1	6,33	6,50	1,60	14,43
500	3,0	50	32,0	7,48	6,50	1,65	15,63
750	3,0	55	40,6	9,48	8,50	1,70	19,68
1000	3,0	57	45,0	10,50	8,50	1,75	20,75
1500	a)	2,0	52,4	12,24	8,50	1,80	22,54
	b)*	2,0	22,1 30,0**	12,48	8,50	1,80	22,78
2000	a)	2,0	58,4	13,64	8,50	1,85	23,99
	b)*	2,0	24,9 34,6**	14,25	8,50	1,85	24,60

¹ Nach Tafel 4 der Diss. Frank.

* Verwendung von Breitflanschprofilen (Di-Trägern) für die Hauptträger.

** Gewicht der Di-Träger (Einheitspreis RM. 24,35 für 100 kg).

Die Kleineschen Hohlsteindecken sind einschließlich Stelzung in den nachstehenden Preissätsen in Rechnung gestellt:

1 m ² Decke 10 cm stark	RM. 6,50
1 „ „ 10 „ „ mit 5 cm Aufbeton	„ 8,50
1 „ „ 15 „ „	„ 8,50
1 „ „ 15 „ „ mit 3 cm Aufbeton	„ 10,00

Für die Trägerlagen ist in Rechnung gestellt:

1000 kg fertige Trägerlage in St 48.	„ 233,50
1 lfd. m Trägerummantelung der Kappenträger	„ 1,20
1 „ „ „ „ Hauptträger i. M.	„ 8,00

Die Gewichtsangaben und Belastungsannahmen Franks sind offensichtlich zu ungünstig. Auch die Vermehrung der Trägerhöhen um 10 cm sowie der Zuschlag von 10% für Anschlußwinkel usw. sind zu hoch angenommen. Unter Berücksichtigung des tatsächlichen Anschlusses der Nebenträger und der Stützendrücke, wie sie durch Schaffung einer teilweisen Einspannung einerseits und durch die Durchbiegung der Hauptträger andererseits entstehen, sowie für die nach B, 3a der Hochbauvorschrift zulässige Inanspruchnahme von $\sigma = 1820 \text{ kg/cm}^2$ für St 48 ergeben sich niedrigere Profile. Die berichtigten Werte sind weiter unten in Abschnitt II/9 angeführt.

Die Eisenbetondecken sind in den drei aus der tabellarischen Zusammenstellung b ersichtlichen Bauarten durchwegs mit hochwertigem Zement in Rech-

Zahlentafel b. Materialbedarf und Kosten der Eisenbetondecken¹.

Nutzlast kg/m ²	Bauart	Konstruktionshöhe cm	Material je m ² Grundfläche				Kosten je m ² Grundfläche					15% Zuschlag für Risiko u. Gewinn	Angebotspreis RM.
			Schalung I m ²	Schalung II m ²	Eisen kg	Beton m ³	Schalung I	Schalung II	Eisen	Beton	Insgesamt		
250	I	43	0,753	0,490	15,47	0,136	1,89	2,60	4,32	4,91	13,72	2,08	15,80
	II	37	0,657	0,446	13,6	0,214	1,65	2,38	3,80	7,57	15,40	2,33	17,73
	III	19	0,763	0,278	15,9	0,22	1,90	1,48	4,50	7,45	15,33	2,30	17,63
500	I	50	0,753	0,582	20,17	0,146	1,89	3,10	5,63	5,27	15,89	2,41	18,30
	II	37	0,657	0,446	20,0	0,214	1,65	2,38	5,58	7,57	17,18	2,59	19,77
	III	19	0,763	0,278	24,43	0,22	1,90	1,48	6,82	7,45	17,65	2,67	20,32
750	I	57	0,753	0,638	23,17	0,174	1,89	3,40	6,46	6,29	18,04	2,71	20,75
	II	37	0,657	0,446	25,9	0,214	1,65	2,38	7,23	7,57	18,83	2,83	21,66
	III	20	0,763	0,278	32,55	0,23	1,90	1,48	9,08	7,78	20,24	3,09	23,33
1000	I	60	0,748	0,64	27,82	0,185	1,88	3,41	7,76	6,68	19,83	3,01	22,84
	II	37	0,657	0,446	33,12	0,214	1,65	2,38	9,24	7,57	20,84	3,16	24,00
	III	22	0,763	0,278	36,2	0,25	1,90	1,48	10,10	8,47	21,95	3,33	25,28
1500	I	65	0,748	0,67	38,28	0,22	1,88	3,57	10,70	7,94	24,09	3,66	27,75
	II	43	0,657	0,462	32,8	0,248	1,65	2,46	9,02	8,58	21,71	3,29	25,00
	III	25	0,763	0,278	44,0	0,28	1,90	1,48	12,28	9,37	25,03	3,77	28,80
2000	I	70	0,748	0,795	40,6	0,274	1,88	4,24	11,33	9,90	27,35	4,15	31,50
	II	47	0,657	0,47	38,6	0,269	1,65	2,51	10,77	9,31	24,24	3,66	27,90
	III	28	0,763	0,278	50,7	0,31	1,90	1,48	14,14	10,49	28,01	4,24	32,25

Bauart I: Kontinuierliche Decke mit Haupt- u. Nebenunterzügen (Plattenspannweite 3,00 m).

„ II: Kreuzweiß bewehrte Decke mit Unterzügen (Plattenspannweite 6,00 m).

„ III: Pilzdecke.

Schalung I: Ebene Schalung.

„ II: Abgewinkelte Schalung.

¹ Nach Tafel 5 bis 7 der Diss. Frank.

nung gestellt. Die Ermittlung der Eisenmengen ist derart angegeben, daß das rechnerisch ermittelte F_e , als kg eingeführt, für die Deckeneisen mit einem Zuschlag von 7,5 bis 10% und für die Unterzüge mit einem solchen von 12,5 bis 15% in Ansatz gebracht wurde. — Als Arbeitslöhne für die fertige Verarbeitung von 1 m³ Beton sind angenommen:¹

Für kontinuierliche Decken mit Haupt- und Nebenunterzügen . . .	6,0 × 1,50 =	RM. 9,00
Für kreuzweis bewehrte Platten mit Unterzügen (Platten bis 18 cm stark)	5,5 × 1,50 =	„ 8,25
Für desgl. (Platten bis 21 cm stark)	5,0 × 1,50 =	„ 7,50
Für Pilzdecken	4,5 × 1,50 =	„ 6,75

Alle übrigen hier in Betracht kommenden Einheitspreise sind aus Abschnitt II/2 zu entnehmen.

Aus den Berechnungen Franks ist ersichtlich, daß die kontinuierliche Decke mit Haupt- und Nebenunterzügen und die kreuzweis bewehrte Decke die billigsten Ausführungen in Eisenbeton sind; für geringere Belastungen kommt erstere Deckenart in Betracht; die Nutzlast von 1500 kg/m² bildet nach Frank die Grenze von wo ab sie vom Kostenstandpunkte aus durch die kreuzweis bewehrte Decke abgelöst wird. — Die Pilzdecke bildet für sich genommen immer die unwirtschaftlichste Ausführung; ihre guten Eigenschaften können nur im Zusammenhang mit dem gesamten Bauwerk richtig verstanden werden.

Auffällig ist in den Massen- und Kostenzusammenstellungen Franks, daß der Einfluß der Geschoßhöhe in den ausgewiesenen Werten für Eisenbetondecken nirgends zum Ausdruck kommt, obgleich die Verschiedenheit des Einspannungsgrades der an die Stützen angeschlossenen Unterzüge in verschiedener Höhe in den Gewichten und Preisen sich schon merklich fühlbar macht.

In den Gesamtkosten (Zahlentafel g) sind daher auch für die jeweilige Belastung in sämtlichen Stockwerken die gleichen einheitlichen Werte der Zahlentafel b, offenbar als Mittelwerte zugrunde gelegt.

Im Vergleich mit den Eisenbetondecken erweisen sich die Geschoßdecken in Stahlkonstruktion mit Kleinescher Decke bei allen in Betracht gezogenen Belastungen immer als die weitaus wirtschaftlicheren, auch wenn bei den höheren Nutzlasten zur Verringerung der Konstruktionshöhe breitflanschtige Di-Träger verwendet werden, und im Gegensatz hierzu die Eisenbetondecken als die wirtschaftlich unvorteilhafteren, was auch Frank in seiner Schrift ausdrücklich hervorhebt. Auch die aus den Zahlentafeln a und b zu entnehmenden Gewichte fallen immer zum Vorteile des Stahlbaues aus (vgl. auch die folgenden Zahlentafeln 7 und 9). Indem sich aber der Verfasser mit fertigen Preissätzen für die Hohlsteindecken je nach der Stein- und Aufbetonhöhe begnügt und im übrigen hauptsächlich die Stahlkonstruktion allein in Betracht zieht, gelangt er zu den nicht stichhaltigen Kostenangaben in Zahlentafel a, die zu der unrichtigen Folgerung führen, daß bis einschließlich 1000 kg/m² die Kappenweite von 3,0 m die wirtschaftlichere Lösung sei (vgl. die weiteren Ausführungen in den Abschnitten II/2 und 3).

b) Die Dachdecken.

Das Dach ist als leichte Decke mit Pappenaufgabe angenommen, welche nicht zum Aufenthalt von Menschen zu Erholungszwecken usw. dient. Von den

¹ S. auch S. 17.

verschiedenen Ausführungsarten sind von Frank die folgenden näher betrachtet und die hier beigefügten Gesamtkosten für den Quadratmeter berechnet worden:

1. Stahlkonstruktion mit aufgelegter Zomacke RM. 9,72
2. Eisenbetonkonstruktion mit Haupt- und Nebenunterzügen und Zomacke „ 12,55
3. Kreuzweis armierte Platten mit Unterzügen als Massivkonstruktion „ 14,50

In den ausgewiesenen Werten für die Eisenbetondecken ist ein Zuschlag von 15% für Risiko und Gewinn eingerechnet, in der gleichen Weise wie dies für die übrigen Eisenbetonherstellungen (Zahlentafeln b, d, f) zur Ermittlung des zu erwartenden Angebotspreises erfolgt ist.

Zahlentafel c. Stahl-Stützen von 4,0 m Knicklänge¹.

Nutzlast t	St 37					St 48					Preisdifferenz zwischen St 37 und St 48 in %	
	Materialbedarf		Kosten für 1 stgd m			Materialbedarf		Kosten für 1 stgd m			ohne Ummantelung	mit Ummantelung
	Stahl t	Ummantelung* m ²	Stahl	Ummantelung	Insgesamt RM.	Stahl t	Ummantelung m ²	Stahl	Ummantelung	Insgesamt RM.		
250	0,0726	1,12	21,80	8,97	30,77	0,0623	1,08	19,70	8,65	28,35	10,7	8,5
100	0,1195	1,58	35,90	12,64	48,54	0,1025	1,44	31,40	11,52	42,92	14,4	13,1
150	0,1783	1,78	53,60	14,24	67,84	0,1383	1,66	42,30	13,28	55,58	26,6	22,1
200	0,2245	1,91	67,40	15,27	82,67	0,1783	1,78	54,60	14,24	68,84	23,5	20,0
250	0,2773	2,04	82,00	16,33	98,33	0,2245	1,91	68,70	15,27	83,97	19,3	17,1
300	0,342	2,23	102,50	17,84	120,34	0,2773	2,04	83,60	16,33	99,93	22,8	20,1

Zahlentafel d. Eisenbetonstützen von 4,0 m Knicklänge.

Kosten für 1 stgd m bei verschiedener Belastung, Bewehrung und Betondruckfestigkeit².

Belastung t	σ_b	35 kg/cm ²			45 kg/cm ²			60 kg/cm ²		
	F_c	1%	2%	3%	1%	2%	3%	1%	2%	3%
50	Gesamtpreis RM.	17,53	17,49	20,42	14,05	14,58	16,80	12,63	13,38	14,04
	Preisunterschied a: %	± 0	+ 0	+16,5	± 0	+ 4,7	+19,5	± 0	+ 6	+ 11
	„ b: %	+38,5	+38,5	+61,6	+ 11	+15,4	+ 33	± 0	+ 6	+ 11
100	Gesamtpreis RM.	28,19	30,96	34,12	23,60	27,65	28,95	20,88	23,36	24,90
	Unterschied a: %	± 0	+ 9,7	+ 21	± 0	+ 17	+22,5	± 0	+11,7	+19,2
	„ b: %	+ 35	+ 48	+63,2	+ 13	+32,4	+38,5	± 0	+11,7	+19,2
150	Gesamtpreis RM.	37,12	45,09	49,03	33,02	35,97	42,58	27,44	32,68	34,76
	Unterschied a: %	+ 0,0	+21,4	+ 32	± 0	+ 9	+ 29	± 0	+19,0	+26,6
	„ b: %	+35,3	+ 64	+78,5	+20,3	+ 31	+ 55	± 0	+19,0	+26,6
200	Gesamtpreis RM.	46,13	55,43	64,53	41,75	46,13	53,70	36,67	39,39	45,44
	Unterschied a: %	± 0	+20,3	+ 40	± 0	+10,5	+28,5	± 0	+ 7,4	+ 21
	„ b: %	+25,6	+ 51	+ 76	+13,8	+25,7	+46,3	± 0	+ 7,4	+ 21
250	Gesamtpreis RM.	57,34	72,21	81,47	49,31	58,67	67,26	44,55	48,02	52,45
	Unterschied a: %	± 0	+ 26	+ 42	± 0	+ 19	+36,4	± 0	+ 7,8	+17,7
	„ b: %	+28,7	+ 62	+82,8	+10,8	+31,7	+ 51	± 0	+ 7,8	+17,7
300	Gesamtpreis RM.	64,97	82,75	94,38	54,26	69,41	78,70	53,79	59,30	63,02
	Unterschied a: %	± 0	+27,3	+45,3	± 0	+ 28	+ 45	± 0	+10,3	+17,2
	„ b: %	+20,7	+53,8	+75,4	+ 0,8	+ 29	+46,3	± 0	+10,3	+17,2

a: Prozentualer Preisunterschied auf gleiches σ_b und P.

b: „ „ „ die jeweilig billigste Stützensausführung.

¹ Nach Tafel 8 der Diss. Frank.

* Abgewinkelte Fläche für 1 stgd m; Einheitspreis für 1 m²: 8 RM.

² Nach Tafel 9 der Diss. Frank.

3. Die Stützen.

Zur Feststellung des Anteils der Stützen an den Gesamtkosten und ihrer Wirtschaftlichkeit stellt Frank eine eingehende Voruntersuchung an, indem er Stützen von verschiedener Ausführung bei gleicher Tragfähigkeit in Belastungsabständen von 50 t bis zur Höchstlast von 300 t und für 4,00 m Knicklänge einander gegenüberstellt. Die Zahlentafeln c und d bringen auszugsweise die Ergebnisse der Frankschen Berechnungen. Hierin ist 1 t fertiger Stützenkonstruktion in St 37 mit RM. 300,— und in St 48 mit RM. 306,— angenommen. Die Verwendung von Klinkerpeilern verbietet sich nach Frank für ein Gebäude der gegenständlichen Art in Anbetracht ihrer begrenzten Wirtschaftlichkeit und der großen Querschnitte von selbst, weshalb die diesbezüglichen Zusammenstellungen hier nicht aufgenommen worden sind. So wertvoll diese ganze Untersuchung zwecks Gewinnung einer grundlegenden Klärung über die Kosten verschiedener Ausführungsarten in Stahl, Eisenbeton und Klinkern auch an und

Zahlentafel e. Massen und Kosten für Stahl-Stützen

Nutzlast kg/m ²	Dachgeschoß			IV. Geschoß			III. Geschoß		
	Stahl kg	Um- mantelung m ²	Kosten RM.	Stahl kg	Um- mantelung m ²	Gesamt- preis RM.	Stahl kg	Um- mantelung m ²	Gesamt- preis RM.
250	7,25	$\frac{4}{36} \cdot 1,0$	3,11	7,25	$\frac{4}{36} \cdot 1,0$	3,11	7,25	$\frac{4}{36} \cdot 1,0$	3,11
500	7,25	$\frac{4}{36} \cdot 1,0$	3,11	7,25	$\frac{4}{36} \cdot 1,0$	3,11	10,4	$\frac{4}{36} \cdot 1,4$	4,43
750				8,64	$\frac{4}{36} \cdot 1,0$	3,53	13,4	$\frac{4}{36} \cdot 1,5$	5,43
1000				10,02	$\frac{4}{36} \cdot 1,4$	4,34	16,5	$\frac{4}{36} \cdot 1,6$	6,47
1500				10,8	$\frac{4}{36} \cdot 1,4$	4,56	19,0	$\frac{4}{36} \cdot 1,7$	7,33
2000				12,9	$\frac{4}{36} \cdot 1,4$	5,20	21,9	$\frac{4}{36} \cdot 1,7$	8,21

Zahlentafel f. Material und Kosten

Nutzlast kg/m ²	IV. Geschoß				III. Geschoß				II. Geschoß			
	Materialbedarf auf 3528 m ²			Gesamtpreis ein- schließlich 16% Zuschlag je m ² Grundfläche RM.	Gesamtes Material auf 3528 m ²			Gesamtpreis ein- schließlich 15% Zuschlag je m ² Grundfläche RM.	Gesamtes Material auf 3528 m ²			Gesamtpreis ein- schließlich 15% Zuschlag je m ² Grundfläche RM.
	Scha- lung m ²	Eisen t	Beton m ³		Scha- lung m ²	Eisen t	Beton m ³		Scha- lung m ²	Eisen t	Beton m ³	
250	525	3,617	25,95	1,38	588	4,83	39,10	1,76	677	5,72	57,2	2,23
500	525	4,32	34,25	1,57	635	5,51	50,57	2,05	764	6,05	73,6	2,61
750	549	4,625	37,25	1,67	683	9,135	58,9	2,56	820	12,21	86,9	3,42
1000	596	4,92	44,05	1,86	764	9,635	73,6	2,95	933	11,98	110,2	3,90
1500	659	4,031	54,73	2,02	868	10,52	95,15	3,46	1053	15,28	139,5	4,78
2000	723	7,705	66,07	2,59	996	12,84	126,0	4,30	1205	19,6	184,85	6,04

für sich ist, sind ihre Ergebnisse doch nur innerhalb der gleichen Konstruktionsart ohne weiteres verwertbar, da ja in verschiedener Bauart die einzelnen Geschoßlasten voneinander sehr abweichen.

Auf der so erhaltenen Grundlage werden dann die Gewichte und Kosten der einzelnen Geschoßstützen für verschiedene Nutzlasten in beiden Bauweisen berechnet. Die Zahlentafeln e und f bringen die diesbezüglichen Zusammenstellungen. Hier leidet die Untersuchung an einer weiteren Ungenauigkeit, die das Kostenbild wieder zuungunsten des Stahlbaues verschiebt. Zunächst führt die Anpassung der Geschoßstützen an die auf diese Art gewonnenen Ergebnisse, wie aus den Zahlentafeln augenscheinlich hervorgeht, zu unzulässigen Berechnungen. Beispielsweise werden die Gewichte und Kostenbeträge in den beiden obersten Geschossen für ein Gebäude mit den gleichen Lasten von 250 kg/m² bei der Stahlkonstruktion gleich angenommen, wobei noch der gleiche Kostenanteil für das Dachgeschoß eingesetzt wird u. ä. Die Ermittlung der Auflast aus den

mit 5 cm starker Monierummantelung¹.

II. Geschoß			I. Geschoß			Erdgeschoß			Keller		
Stahl kg	Umman- telung m ²	Gesamt- preis RM.									
12,76	$\frac{4}{36} \cdot 1,12$	4,90	14,1	$\frac{4}{36} \cdot 1,5$	5,58	24,8	$\frac{5}{36} \cdot 1,6$	9,37	19,8	$\frac{3}{36} \cdot 1,6$	7,13
14,6	$\frac{4}{36} \cdot 1,5$	5,80	17,2	$\frac{4}{36} \cdot 1,6$	6,69	27,8	$\frac{5}{36} \cdot 1,7$	10,40	24,6	$\frac{3}{36} \cdot 1,7$	8,66
16,7	$\frac{4}{36} \cdot 1,6$	6,53	22,7	$\frac{4}{36} \cdot 1,85$	8,59	34,8	$\frac{5}{36} \cdot 2,0$	12,86	30,7	$\frac{3}{36} \cdot 2,0$	10,73
23,9	$\frac{4}{36} \cdot 1,8$	8,94	29,2	$\frac{4}{36} \cdot 2,0$	10,71	46,5	$\frac{5}{36} \cdot 2,15$	16,61	42,7	$\frac{3}{36} \cdot 2,15$	14,51
27,1	$\frac{4}{36} \cdot 2,0$	10,08	34,3	$\frac{4}{36} \cdot 2,2$	12,43	57,9	$\frac{5}{36} \cdot 2,3$	20,29	55,3	$\frac{3}{36} \cdot 2,4$	18,52
32,6	$\frac{4}{36} \cdot 2,1$	11,85	39,9	$\frac{4}{36} \cdot 2,3$	14,24	63,2	$\frac{5}{36} \cdot 2,4$	22,80	58,3	$\frac{3}{36} \cdot 2,6$	19,56

für Eisenbetonstützen².

I. Geschoß				Erdgeschoß				Keller			
Gesamtes Material auf 3528 m ²			Gesamtpreisein- schließlich 15% Zuschlag je m ² Grundfläche RM.	Gesamtes Material auf 3528 m ²			Gesamtpreisein- schließlich 15% Zuschlag je m ² Grundfläche RM.	Gesamtes Material auf 3528 m ²			Gesamtpreisein- schließlich 15% Zuschlag je m ² Grundfläche RM.
Schalung m ²	Eisen t	Beton m ³		Schalung m ²	Eisen t	Beton m ³		Schalung m ²	Eisen t	Beton m ³	
757	7,7	72,3	2,73	958	8,825	109,3	3,64	568	6,105	65,8	2,69
868	8,48	95,2	3,32	1186	17,18	150,4	5,28	790	9,37	110,3	3,49
909	12,9	104,0	3,85	1246	18,14	183,7	5,95	841	15,8	130,6	4,58
1076	19,41	144,7	5,24	1476	26,85	220,8	7,56	960	17,5	158,0	5,15
1165	24,3	173,15	6,22	1677	35,23	285,0	9,52	1083	22,53	201,5	6,40
1406	25,37	250,65	7,79	1938	44,62	380,5	12,11	1267	29,8	276,0	8,40

¹ Nach Tafel 10 der Diss. Frank.

² Nach Tafel 11 der Diss. Frank.

Auflagerdrücken der als Durchlaufträger gerechneten eisernen Unterzüge ergibt zu große Tabellengewichte, indem bei der hier gegebenen Möglichkeit einwandfreier mittiger Druckübertragung die zulässige Inanspruchnahme auf 1400 bzw. 1820 kg/cm² für St 37 bzw. St 48 hinaufgesetzt werden kann. Schließlich ist noch der zu diesen Gewichten gerechnete Zuschlag von 65% für Querverbindungen, Laschen usw. und von 125 bis 150% im Kellergeschoß mit Rücksicht auf die Fußplatte viel zu hoch angenommen. Auch für den Eisenbetonbau sind die in Zahlentafel f für verschiedene Nutzlasten ermittelten Stützenkosten für den Quadratmeter Geschoßgrundfläche bei allen drei behandelten Eisenbetonbauarten in den gleichen Werten zur Berechnung der Gesamtkosten der einzelnen Geschosse eingesetzt. Es sei dies hier nur zur Erläuterung der Bildung der Zahlentafel g vermerkt und im übrigen auf eine nähere Verfolgung der Zulässigkeit dieser Annahme nicht eingegangen. Im Sinne der nachfolgenden Untersuchungen soll hier nur die Notwendigkeit einer entsprechenden Berücksichtigung der in beiden Bauweisen voneinander sehr abweichenden tatsächlichen Stützenbelastungen betont werden, um brauchbare Ergebnisse für den Kostenvergleich zu gewinnen (s. Abschnitt II/4).

Zahlentafel g. Gesamtkosten für Decken und Stützen bezogen auf 1 m² Geschoßgrundfläche¹.

Nutzlast kg/m ²	Deckenart	Dach- geschoß RM.	IV. Ge- schoß RM.	III. Ge- schoß RM.	II. Ge- schoß RM.	I. Ge- schoß RM.	Erd- geschoß RM.	Keller RM.
250	Stahlbau	12,83	17,54	17,54	19,33	20,01	23,80	21,56
	Eisenbeton, Bauart I	13,93	17,18	17,56	18,03	18,53	19,44	18,49
	" " II	15,88	19,11	19,49	19,96	20,46	21,37	20,42
	" " III	—	18,78	19,16	19,63	20,13	21,04	20,09
500	Stahlbau	12,83	18,74	20,06	21,43	22,32	26,03	24,29
	Eisenbeton, Bauart I	13,93	19,87	20,35	20,91	21,62	23,58	21,79
	" " II	15,88	21,34	21,82	22,38	23,09	25,05	23,26
	" " III	—	21,89	22,37	22,93	23,64	25,60	23,81
750	Stahlbau	12,83	23,21	25,11	26,21	28,27	32,54	30,41
	Eisenbeton, Bauart I	13,93	22,42	23,31	24,17	24,60	26,70	25,33
	" " II	15,88	23,33	24,22	25,08	25,51	27,61	26,24
	" " III	—	25,00	25,89	26,75	27,18	29,28	27,91
1000	Stahlbau	12,83	25,09	27,22	29,69	31,46	37,36	35,26
	Eisenbeton, Bauart I	13,93	24,70	25,79	26,74	28,08	30,40	27,99
	" " II	15,88	25,86	26,95	27,90	29,24	31,56	29,15
	" " III	—	27,14	28,23	29,18	30,52	32,84	30,43
1500	Stahlbau	12,83	27,10	29,87	32,62	34,97	42,83	41,06
	" mit Di-Profilen	12,83	27,34	30,11	32,86	35,21	43,07	41,30
	Eisenbeton, Bauart I	13,93	29,77	31,21	32,53	33,97	37,27	34,15
	" " II	15,88	27,02	28,46	29,78	31,22	34,52	31,40
	" " III	—	30,82	31,91	33,10	34,40	37,37	34,56
2000	Stahlbau	12,83	29,19	32,20	35,84	38,23	45,99	43,55
	" mit Di-Profilen	12,83	29,80	32,81	36,45	38,84	46,60	44,16
	Eisenbeton, Bauart I	13,93	34,09	35,80	37,54	39,29	43,61	39,90
	" " II	15,88	30,49	32,20	33,94	35,69	40,01	36,30
	" " III	—	34,84	36,12	37,69	39,26	43,15	39,81

¹ Nach Tafel 12 und 13 der Diss. Frank.

4. Die Kosten der einzelnen Geschosse.

Die diesbezüglichen von Frank ermittelten Kosten für verschiedene Belastungen sind in Zahlentafel g zusammengestellt. Eine wirtschaftliche Überlegenheit oder Wettbewerbsfähigkeit des Stahls ergibt sich danach nur für die Nutzlasten 250, 500 und 2000 kg/m², wenn es sich dabei um Bauten von nur zwei belasteten Geschossen handelt. Im übrigen führen aber die nicht überall zutreffenden Berechnungsannahmen sowie die Überbemessung der Eisenkonstruktion den Verfasser zu der Schlußfolgerung, daß der Stahlbau auch bei anderen als den angeführten Belastungen dann noch wirtschaftlich erscheine, wenn wenig oder gar keine Stützen vorhanden sind, und die Auflasten durch Mauern, die unbedingt aus irgendwelchen Gründen vorhanden sein müssen, aufgenommen werden; je größer aber die Geschoßzahl und je größer die Belastungen sind, um so mehr nehme bei dem untersuchten Großgeschoßbau der Preisunterschied zugunsten des Eisenbetons zu.

Nicht untersucht sind die Kosten der Fundamente und die Kosten der Geschosse in ihrer Gesamtheit; dies ist aber zur Beurteilung des wirtschaftlichen Vergleichs für ein Gebäude vor allem erforderlich.

5. Die Konstruktionshöhen.

Viel Aufmerksamkeit wendet Frank in seiner Wirtschaftlichkeitsuntersuchung außer den unmittelbaren Baukosten auch der durch die Konstruktionshöhen bedingten Raumausnutzung zu und findet hierin einen weiteren Vorteil der Eisenbetonbauweise, die in allen Ausführungsarten und Belastungen seinen Berechnungen zufolge dem Stahlbau zumindest gleichwertig ist, in der kreuzweis bewehrten Decke, namentlich aber in der Pilzdecke in den erreichbaren lichten Durchgangshöhen diesen aber in beachtenswerter Weise übertrifft. Die Zahlentafel h gibt eine Übersicht der diesbezüglich ermittelten Werte bei verschiedener Geschoßhöhe bzw. verschiedener Stockwerkszahl. Als lichte Durchgangshöhe ist hierbei die senkrechte Entfernung zwischen Oberkante Deckenplatte und Unterkante Unterzug bzw. Deckenplatte der Pilzdecke, also mit Hinweglassung der in den einzelnen Bauarten gleich groß angenommenen Stärken für Fußbodenbelag und Putz verstanden.

In der Aufstellung der Zahlentafel h war dem Verfasser der Umstand maßgebend, eine baupolizeilich vorgeschriebene Grenze der Gebäudehöhe von beispielsweise 25,00 m nicht zu überschreiten und so viel Geschosse unterzubringen, als es die zulässige Mindestgrenze der freien Durchgangshöhe erlaubt. Die Höhe der Geschosse ist in allen drei angeführten Fällen derart bestimmt, daß das Erdgeschoß 25% höher als die oberen Geschosse sein soll. Unter dieser derart gestellten Bedingung kann — wie aus der Zahlentafel ersichtlich ist — fallweise auch die an sich teurere Pilzdecke als die einzige Lösungsmöglichkeit in Betracht kommen.

Zu den Angaben Franks ist zu bemerken: Für den Stahlbau ist, wie in Abschnitt II/3 näher ausgeführt ist, noch eine weitere Verringerung der Konstruktionshöhen möglich; die berichtigten Werte sind aus der weiter unten folgenden Zahlentafel 13 zu entnehmen. Im Eisenbetonbau müssen hingegen die von Frank angegebenen Höhen der Unterzüge in wirtschaftlicher Hinsicht als zu knapp bemessen angesprochen werden; sie lassen sich allenfalls noch durch

eine andere Aufteilung erreichen. Das Nähere hierüber ist in Abschnitt II/3 ausgeführt. Was die Vermehrung der Stockwerkszahl anbelangt, wird es immer vom besonderen Zweck der betreffenden Räumlichkeiten abhängen, ob damit

Zahlentafel h. Zusammenstellung der lichten Durchgangshöhen¹.

Nutzlast	Deckenart	Geschoßhöhe		
		3,45 bzw. 4,30 m 1 Geschoß mehr	3,03 bzw. 3,79 m 2 Ge- schosse mehr	2,70 bzw. 3,40 m 3 Geschosse mehr
250	Stahlbau	3,01	2,59	2,26
	Eisenbeton I	3,02	2,60	2,27
	" II	3,08	2,66	2,33
	" III	3,26	2,84	2,51
500	Stahlbau	2,95	2,53	2,20
	Eisenbeton I	2,95	2,53	2,20
	" II	3,08	2,66	2,33
	" III	3,26	2,84	2,51
750	Stahlbau	2,90	2,48	2,15
	Eisenbeton I	2,88	2,46	2,13
	" II	3,08	2,66	2,33
	" III	3,25	2,83	2,50
1000	Stahlbau	2,88	2,46	2,13
	Eisenbeton I	2,85	2,43	2,10
	" II	3,08	2,66	2,33
	" III	3,23	2,81	2,48
1500	Stahlbau	2,80	2,38	2,05 (2,15) ²
	Eisenbeton I	2,80	2,38	2,05
	" II	3,02	2,60	2,27
	" III	3,20	2,78	2,45
2000	Stahlbau	2,75	2,33	2,00 (2,10) ²
	Eisenbeton I	2,75	2,33	2,00
	" II	2,98	2,56	2,23
	" III	3,17	2,75	2,42

etwas erreicht werden kann. Die Verringerung der Konstruktionshöhe und ihr Einfluß auf eine mögliche Vermehrung der Geschosse kann beispielsweise bei Fabriksbauten mit Transmissionsanlagen in Frage kommen, namentlich wenn dabei eine gewisse Mindesthöhe für den Verkehr von Transportwagen u. dgl. erforderlich ist; hierbei kommen ausschließlich Decken mit Unterzügen in Betracht. Ob es aber insbesondere bei der Pilzdecke so sehr am Platze ist, an lichter Höhe möglichst zu sparen, soll hier dahingestellt bleiben. Soviel wenigstens die ausgeführten Beispiele erkennen lassen, scheint ihr Hauptvorteil weit mehr in ihren praktischen Vorteilen, besonders auch in der günstigen Luft- und Lichtverteilung begründet zu sein, was aber schon eine gewisse über der untersten Grenze liegende Raumhöhe nötig macht.

6. Vor- und Nachteile der beiden Bauweisen.

Als hauptsächlichste Vorteile der Eisenbetonbauweise führt Frank an: die große Freiheit in der baulichen Durchbildungsmöglichkeit zum Zwecke der

¹ Nach S. 16 der Diss. Frank.

² Verwendung von Breitflanschprofilen für die Hauptträger.

nach dem jeweiligen Bedarf erforderlichen Raumbenützung, insbesondere aber die fast unbeschränkte Feuersicherheit und Lebensdauer. In bezug auf die Herstellungszeit werde durch die Rekordziffern deutscher und amerikanischer Unternehmungen bewiesen, daß der Betonbau dem Stahlbau in dieser Hinsicht nicht mehr nachsteht; ein kleiner Nachteil liege in einer gewissen Hellhörigkeit.

Als Nachteil des Stahlbaues bezeichnet er insbesondere die geringere Lebensdauer. In Amerika rechne man für die Wolkenkratzer in Stahlbau mit einer Dauer von 10 Jahren für die Amortisation, da nach weiteren 10 bis 20 Jahren die Reparaturen durch Lockern der Niete schon nach dieser Zeit den Bau unrentabel machen.

Im II. Teile sollen diese Vor- und Nachteile näher untersucht werden.

7. Zusammenfassung der Hauptergebnisse Franks.

Kurz zusammengefaßt liefern die Untersuchungen Franks an positiven Ergebnissen:

Für die wirtschaftliche Bemessung von Großgeschößbauten sind die hochwertigen Baustoffe im allgemeinen von großem Einfluß. Dies zeigt recht deutlich die Voruntersuchung für Stahl-Stützen (Zahlentafel c) in dem großen Vorteil bei der Verwendung von St 48, sowie die Voruntersuchung für Eisenbetonstützen (Zahlentafel d) bei der Verwendung von hochwertigem Zement von hoher Druckfestigkeit; aus letzterer Zusammenstellung ist gleichzeitig ersichtlich, daß unter den Eisenbetonstützen diejenigen mit schwacher Bewehrung durchweg am billigsten sind. Bei den Deckenkonstruktionen liegt der Vorteil in der Verwendung hochwertigen Zements zum großen Teil weniger in den erzielten geringeren Spannungen als vielmehr in den dadurch ermöglichten kürzeren Ausschaltungsfristen und den vielen damit verbundenen Ersparnissen (leichte und schnelle Wiederverwendung des Schalmaterials, geringerer Bedarf an Schalholz bei Verbilligung desselben im Lohnanteil u. a.).

In bezug auf die Deckenkonstruktionen allein erweist sich der Stahlbau in allen Belastungsfällen am wirtschaftlichsten; die Pilzdecke stellt sich nach den bei uns vorliegenden Preis- und Lohnverhältnissen am teuersten heraus. Bei den Stützen hingegen fällt wieder umgekehrt der Kostenpreis stets zugunsten des Eisenbetons aus. Mit der genaueren Ermittlung des Anteils beider Bauwerksglieder zusammen an den Gesamtkosten eines Großgeschößbaues sollen sich die folgenden Untersuchungen befassen.

II. Vergleichende Untersuchung der Wirtschaftlichkeit und des Nutzwertes für einen Großgeschößbau in Stahl oder Eisenbeton.

1. Die Festlegung der Aufgabe und ihre bauliche Lösung in Stahl und Eisenbeton.

In der vorliegenden Arbeit sei nun die Aufgabe vorgelegt, das von Frank behandelte Gebäude für verschiedene, nach unten zunehmende Nutzlasten von 250 bis 2000 kg/m² (Abb. 2) bei Verwendung von Stahl oder von Eisenbeton hinsichtlich seiner Wirtschaftlichkeit und den mit dem gewählten Konstruktions-

material verbundenen Vor- und Nachteilen näher zu untersuchen. Das Dach ist als Flachdach in möglichst leichter und einfacher Ausführung gedacht und als höchste zufällige Belastung der Dachdecke Schnee- und Winddruck von 80 kg/m^2 wagrechter Grundfläche angenommen. Die Untersuchung erstreckt sich demnach in beiden Bauweisen auf sämtliche Deckenkonstruktionen vom Dachraum bis zum Keller und den ganzen durch sie belasteten Stützenstrang einschließlich der Fundamente.

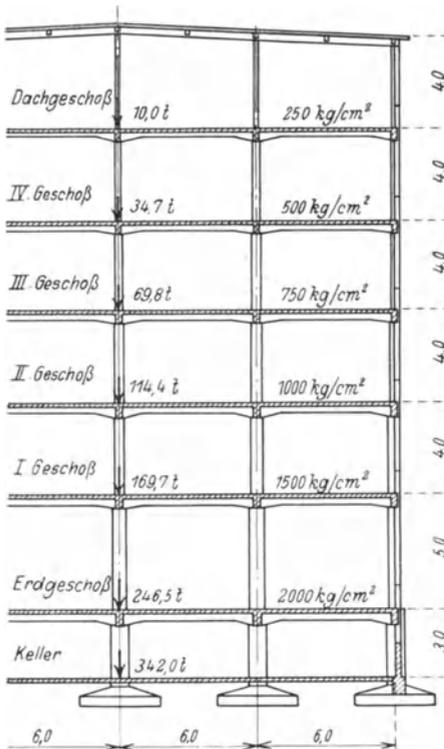


Abb. 2.

Um dabei die Berechnungen nicht unnötig auszudehnen, sind die von den Tragwerken im Gebäudeinnern verschiedenen belasteten Tragwerke an den Umfassungsmauern aus der Betrachtung ausgeschieden, indem angenommen werden kann, daß hierfür in beiden Bauweisen annähernd der gleiche prozentuale Unterschied entfällt. In der gleichen Weise fallen auch die übrigen in beiden Bauweisen gleichen Herstellungen, wie die Kosten für Fußbodenbelag und Putz in der Vergleichsrechnung weg.

Unter den verschiedenen Ausbildungsmöglichkeiten genügt es weiterhin, in jeder Bauweise die für sie gebräuchlichste und wirtschaftlichste herauszusuchen und beide einander gegenüberzustellen. Als solche erweist sich für den Stahlbau: Durchgehende Stützen mit angeschlossenen Hauptdeckenträgern als Haupttragwerke, an die wieder die Nebenträger mit dazwischenliegender Kleinerer Hohlsteindecke eingebunden sind; und für den Eisenbetonbau: stockwerkrahmenartig ausgebildete Haupttragwerke, an welche die Nebenunterzüge mit den durch sie gestützten Deckenplatten anschließen. In Abb. 3 sind die Haupttragwerke in der Richtung der Gebäude-Längsachsen angeordnet; die nähere Ausbildung ist in Abschnitt 3 und 4 besprochen.

Mit Rücksicht auf die erforderliche Beweglichkeit bei Wärmeänderungen wird in beiden Bauweisen eine Unterteilung des 60 bzw. 66 m langen Gebäudes erforderlich sein, die natürlich verschieden durchgeführt werden kann. Zweckmäßig dürfte eine Unterteilung in der Querrichtung in den Feldern in Gebäudemitte durch Einlegung von eingehängten Freiträgern sich erweisen, wobei auch gleichzeitig in der Längsrichtung eine Trennungslinie etwa in der Verlängerung der Hoffluchten angeordnet werden kann (Abb. 3). Im Stahlbau wird es hauptsächlich auf die Schaffung einer entsprechenden Ausdehnungsmöglichkeit der Deckenträger, im Eisenbetonbau auf die Durchbildung von Bewegungsfugen ankommen. In entsprechender Berücksichtigung des Anteils abweichender Tragwerksteile (Endfelder) läuft die Untersuchung auf die Berechnung eines Längs-

streifens von 6,0 m hinaus, die sich schließlich zum guten Teile auf den von einer mittleren Stütze aufgenommenen Gebäudeteil von 36,0 m² Grundfläche vereinfacht.

Andere Bauarten in Eisenbeton als die hier näher behandelte Decke mit Haupt- und Nebenunterzügen in der weiter unten angegebenen Durchbildungsweise

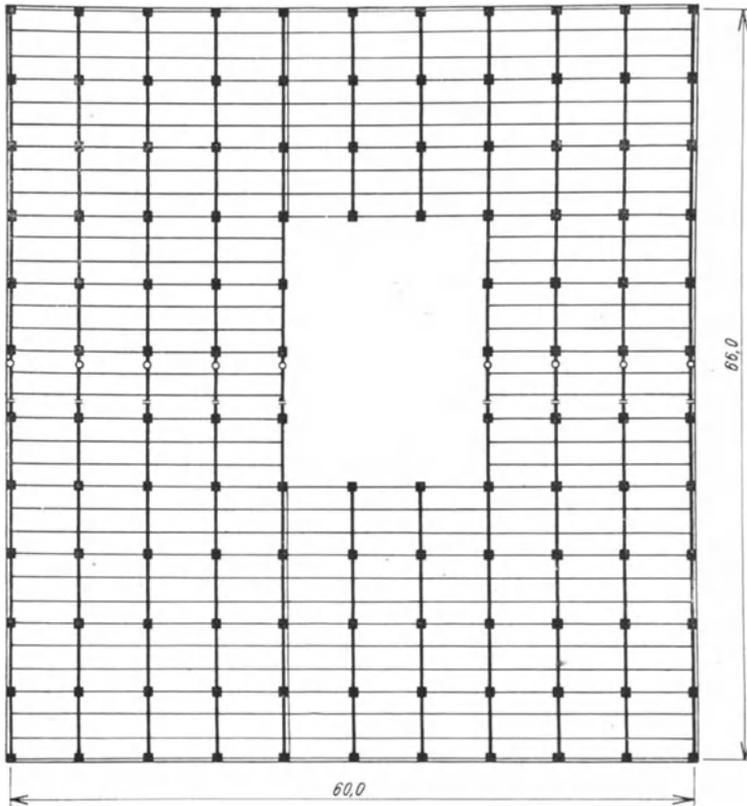


Abb. 3.

kommen als wirtschaftliche Vergleiche nicht in Betracht, wenigstens nicht in der Ausbildung, wie sie in der Frankschen Schrift angeführt sind und sollen daher hier nicht weiter berücksichtigt werden.

Auch im Stahlbau ist selbstredend noch eine größere Mannigfaltigkeit in der Durchbildung möglich. Die Hauptträger können als Durchlaufbalken die Stützen durchbrechen und noch weitere Abänderungen getroffen werden. Doch sollen sie vorläufig außer Betracht bleiben.

Den Berechnungen sind zugrunde gelegt: Die Preuß. Ministerialvorschrift über die bei Hochbauten anzunehmenden Belastungen vom 24. XII. 1919 und die Bestimmungen über die zulässige Beanspruchung und Berechnung von Konstruktionsteilen aus Flußstahl und hochwertigem Baustahl usw. in Hochbauten vom 25. II. 1925; ferner die Bestimmungen des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton vom September 1925. Die Durchführung aller Berechnungen erfolgte mit Hilfe des Rechenschiebers.

2. Die Preisberechnung.

a) Allgemeines.

Die von Frank durchgeführten Kostenberechnungen beziehen sich auf die Berliner Preisverhältnisse vom Juli 1926. Sie sind mit wenigen Änderungen und Ergänzungen in den folgenden Berechnungen beibehalten, da die Preise seit dieser Zeit auf dem Baumarkt nicht erheblich verschieden, und auf das Gesamtergebnis ohne Einfluß sind. Im übrigen kann immer an der Hand der beigegebenen Zahlentafeln und Preiszergliederungen, die Änderung durch Einsetzen der der jeweiligen Marktlage entsprechenden Ziffern vorgenommen werden.

Bei der vielfachen Abhängigkeit der Preise und ihrer Verschiedenheit bei jeder Baustelle dürften aber die folgenden Angaben als mittlere Werte immerhin ein durchschnittliches Bild geben. Als richtungsweisend zur Preisermittlung und Preisbildung können u. a. insbesondere die unten angeführten Werke von Janssen¹, Kleinlogel², und Lerche³ herangezogen werden.

b) Materialpreise frei Baustelle.

100 kg Handelszement	RM.	5,20
100 kg Hochwertiger Zement	„	6,60
1 m ³ Kies	„	7,00
1 m ³ Basaltsplitt	„	11,00
1 m ³ Schlacke	„	2,00
1000 Stk. Kleine'sche Deckensteine 10 × 15 × 25	„	84,00
1000 Stk. „ „ 12 × 15 × 25	„	100,00
1000 Stk. Zomakleichtsteine 6 cm hoch	„	100,00
1000 kg Rundeisen, einschl. Überpreis + 2% für Unkosten und Verluste	„	188,70
1000 kg Bandeisen, wie oben	„	229,50
1000 kg Walzträger, St 37	„	185,00
1000 kg „ „ St 48	„	205,00
1 m ³ Schalholz	„	60,00
1 m ² Schalbretter 20 mm stark, ungesäumt ⁴	„	1,20
1 m ² „ „ 20 „ „ gesäumt	„	1,60
Verschleiß an Bauholz je qm: rd. 33 bis 50% des Neuwertes + 2% für Unkosten und Verluste: für ebene Schalung	„	0,41—0,62
„ „ für abgewinkelte Schalung	„	0,55—0,82

In der gleichen Weise wie bei Frank wurde bei den Decken der Materialpreis für Sand nicht besonders ausgewiesen; obgleich sich im allgemeinen der Einheitspreis für Bausand zumeist höher stellt als der Kiespreis, erscheint nur letzterer in den Decken für das Sand-Kiesgemenge der Rechnung zugrunde gelegt.

c) Arbeitslöhne.

Zu den reinen Stundenlöhnen wurden für Betriebsunkosten (soziale Abgaben, Einrichtungen für die Baustelle usw.) sowie für Geschäftsunkosten ein Zuschlag von 20% gerechnet. Demgemäß stellt sich eine Facharbeiter-Lohnstunde (Beton-

¹ Janssen: Der Bauingenieur in der Praxis. 2. Aufl. Berlin: Julius Springer 1927.

² Kleinlogel: Veranschlagen von Eisenbetonbauten. 3. Aufl. Berlin: W. Ernst u. Sohn 1926.

³ Lerche: Aus der Praxis des Veranschlagens von Eisenbetonbauten. Berlin: W. Ernst u. Sohn 1925.

⁴ Diese Bretter werden nur für die ebene Deckenschalung (Schalung I) verwendet.

arbeiter *B*, Maurer *M*, Zimmerer *Z*, Eisenarbeiter *E*) und eine Hilfsarbeiterstunde (*H*) auf:

$$1 M (Z, B, E) = 1,25 + 0,25 = \text{RM. } 1,50$$

$$1 H \dots \dots = 1,00 + 0,20 = \text{„ } 1,20$$

d) Bauherstellungen für den Eisenbetonbau.

Auf Grund der unter b) und c) angeführten Einheitssätze für Material und Lohn folgen die Kosten für Eisenbetonarbeiten, die in der Zahlentafel I zusammengestellt sind. Die Arbeitslöhne sind hier als mittlere Werte in Facharbeiterstunden zusammengezogen. Die ausgewiesenen Preise sind — ausgenommen für die hier hinzugefügten Fundamentherstellungen und die für die Eisenkonstruktion in Betracht kommenden Hohlsteindecken — die gleichen wie in der Frank-

Zahlentafel I. Beton- und Eisenarbeiten.

a) Betonherstellungen.

Herstellungsart und Verwendung		Material				Arbeit	Gesamtkosten
		Kies (m ³)	Splitt (m ³)	Zement kg	Ges. Materialkosten RM.		
Fundamentbeton	Mengen	1,25	23	255		5,0 B	
	Preise	8,75		13,25	22,00 2% 0,44 <u>22,44</u>	7,50	29,94
Beton 1:5 ¹⁾ (mit Handelszement)	Mengen	1,25		270		6,0 B	
	Preise	8,75		14,05	22,80 2% 0,46 <u>23,26</u>	9,00	32,26
Beton 1:5 ¹⁾ mit hochw. Zement für Geschoßdecken	Mengen	1,25		270		6,0 B	
	Preise	8,75		17,80	26,55 2% 0,53 <u>27,08</u>	9,00	36,08
Beton 1:5 ¹⁾ mit hochw. Zement für Dachdecken	Mengen	1,25		270		10,0 B	
	Preise	8,75		17,80	26,55 2% 0,53 <u>27,08</u>	15,00	42,08
Beton 1:4 für Hohlsteindecken	Mengen	1,25		360		8,0 B	
	Preise	8,75		23,75	32,50 2% 0,65 <u>33,15</u>	12,00	45,16
Beton 1:3 ^{1/2} für Stützen	Mengen	0,8	0,4	400		6,0 B	
	Preise	5,60	4,40	26,40	36,40 2% 0,73 <u>37,13</u>	9,00	46,13

¹ Nach den Angaben von Frank.

Monierummantelung 3 cm stark je m ²	RM.	4,80
Zomakdecke, 6 cm stark	„	5,20
1000 kg Trägerlage für Deckenkonstruktionen, fertig ver- arbeitet, montiert und mit Grundanstrich versehen, für St 37	„	227,50
1000 kg Trägerlage, wie vorher für St 48	„	247,50
1000 kg Stützenkonstruktion, fertig montiert mit Grund- anstrich versehen für St 37	„	300,00
1000 kg Stützenkonstruktion, wie vorher, für St 48	„	320,00

Die von Frank eingesetzten Einheitspreise für die Trägerlagen der Stahlkonstruktionen sind zu gering angegeben, doch werden sie in Anbetracht der ebenfalls etwas zu geringen Betonkosten und der Einschaltungspreise, in denen der Rüstungsanteil anscheinend zu wenig berücksichtigt ist, ausgeglichen; dieser ist jedenfalls viel größer als die bei der Stahlkonstruktion unberücksichtigt gebliebene Abbreterung der einzelnen Trägerlagen, deren Kosten bei der hier durchwegs vorgenommenen Verringerung des Nebenträgerabstandes auf 2,0 m noch kleiner werden. In den ausgewiesenen Einheitspreisen für St 37 sind daher die von Frank angegebenen Sätze beibehalten, wie es auch für die Betonherstellungen geschehen ist; nur der für St 48 angenommene Aufpreis von RM. 6,— je Tonne wurde mit Rücksicht auf die tatsächlichen Verhältnisse vom Jahre 1926 an auf RM. 20,— hinaufgesetzt.

Unzureichend erscheinen jedoch die Angaben Franks für die Kosten der Kleineschen Hohlsteindecken; sie erfordern daher eine nähere Überprüfung und Preisergliederung. Mit den bloßen fertigen abgerundeten Ansätzen für die ganze Decke einschließlich Stelzung und den daraus berechneten Deckenkosten für die verschiedenen Belastungen wird das richtige vergleichende Kostenbild verwischt. Es sind daher zunächst die Preise der Kleineschen Decke für verschiedene Höhen ohne Rücksicht auf die Eiseneinlagen ermittelt worden. Der Zementmörtel in den Zwischenfugen der Kleineschen Decke wurde hierin als solcher nicht besonders ausgewiesen, sondern mit Rücksicht auf den gleich groß angenommenen Einheitspreis von Sand und Kies durchweg als Beton eingesetzt.

Zahlentafel 2. Preisberechnung für Hohlsteindecken (ohne Stelzung und Eiseneinlagen. Hilfstafel zur Berechnung der Zahlentafel 3).

Hohlstein + Aufbeton- höhe		Material			Löhne				Gesamt- kosten RM.
		Hohl- steine (Stk.)	Beton m ³	Holz- verschleiß m ³	Z	M	B	H	
10 + ∅	Mengen	23,1	0,012	0,004	0,8	0,65	0,1	0,3	5,27
	Preise	1,94	0,40	0,24	1,20	0,98	0,15	0,36	
10 + 3	Mengen	23,1	0,042	0,004	0,8	0,65	0,35	0,3	6,62
	Preise	1,94	1,38	0,24	1,20	0,98	0,52	0,36	
12 + ∅	Mengen	23,1	0,015	0,004	0,8	0,65	0,15	0,3	5,83
	Preise	2,31	0,51	0,24	1,20	0,98	0,23	0,36	
12 + 3	Mengen	23,1	0,045	0,004	0,8	0,65	0,4	0,3	7,19
	Preise	2,31	1,50	0,24	1,20	0,98	0,60	0,36	
15 + ∅	Mengen	32,8	0,028	0,004	0,8	0,75	0,25	0,3	6,98
	Preise	2,75	0,92	0,24	1,20	1,13	0,38	0,36	
15 + 3	Mengen	32,8	0,058	0,004	0,8	0,75	0,5	0,3	8,35
	Preise	2,75	1,92	0,24	1,20	1,13	0,75	0,36	

Zahlentafel 3. Zusammenstellung der Hohlstein-

Nutzlast kg/m ²	Kappen- trägerent- fernung m	Eigenlast kg/m ²	Abmessungen			Statische	
			Hohlstein- höhe cm	Aufbeton- höhe cm	Bandeisen- querschnitt mm/mm	d	h
250	3,0	240	12	—	20/3,5	12	10,5
	2,0	210	10	—	20/2	10	8,5
500	3,0	275	10	3	25/4,5	13	11,2
	2,0	230	10	(2 cm Schlak- kenfüllung)	26/2,5	10	8,2
750	3,0	300	12	3	20/6	15	13,5
	2,0	275	10	3	30/2	13	11,2
1000	3,0	340	15	3	26/4	18	16,2
	2,0	275	10	3	30/3	13	11,0
1500	2,0	300	15	(2 cm Schlak- kenfüllung)	30/2,5	15	13,0
2000	2,0	340	15	3	26/3	18	16,2

Die dadurch hervorgerufene Preisverminderung ist geringfügig und wird durch die aus dem gleichen Grunde bewirkte Kostenverringerung der Eisenbetondecken gut aufgewogen. Die Zahlentafel 2 (S. 19) gibt die tatsächlich erforderlichen Materialmengen und ihre Kosten sowie die mittleren Lohnsätze an. Die weiter unten daraus berechneten Gesamtkosten der Hohlsteindecken (Zahlentafel 3) zeigen eine Angleichung an die abgerundeten Kostenangaben Franks, die aber mehr dem Verhältnis der Belastungen entspricht. Für den Holzverschleiß ist dabei eine fünfmalige Verwendung von 20 mm starkem Schalholz angenommen.

3. Die Decken.

a) Allgemeines.

In beiden Bauweisen ist für den Fußbodenbelag und Putz sämtlicher Geschoßdecken 80 kg/m² angenommen. Das Eigengewicht der Zomakdecke des Dachgeschosses ist mit 65 kg/m² in Rechnung gestellt.

Das Haupttragwerk der Geschoßdecken ist, wie oben bemerkt, in beiden Bauweisen in der Art gedacht, daß die Hauptträger in der Längsrichtung des Gebäudes liegen. Eine Ausnahme bildet nur die Dachdecke, bei der in der üblichen Weise die Sparren und Pfetten mit der aufgelegten (bzw. eingelegten) Zomakdecke der Dachneigung folgen.

b) Die Decken im Stahlbau

sind gebildet aus Walzträgern mit dazwischenliegender Hohlsteindecke Kleinescher Bauart, die wegen ihres geringen Gewichts, ihrer geringen Kosten und sonstigen Vorteile hier am geeignetsten erscheint¹. Die Hohlsteindecke ist hier in

¹ In jüngster Zeit kommt an Stelle dieser Hohlsteindecke auch wieder das System der altbekannten Rippendecke in Frage, die in rationeller Weise durchgebildet und ausgeführt wird, indem sehr dünne Eisenbetonstege in bereits tragfähigem Zustande zwischen die Eisenträger eingeschoben werden, worauf mit Hilfe leichter Blechschalungen, die an den Stegen hängen, die Druckplatte dieser Rippendecke aus nicht bewehrtem Beton aufgebracht wird (Isteg-Decke).

Als Vergleichsvariante für den Stahlbau ist hier, wie in Abschnitt 2 erwähnt, die Bauart durchgehender Stützen mit entsprechend angeschlossenen Deckenträgern gewählt, deren Vorteile namentlich in dem später noch zu behandelnden geringen Raumbedarf der Stützen liegt. Die Träger sind nach der Hochbauvorschrift B, 3a und D mit $\sigma_{zul} = 1820 \text{ kg/cm}^2$ für St 48 gerechnet. Als Gewichtszuschlag für Laschen und Anschlußwinkel wurde für die Unterzüge 8% und für die Deckenträger 5% angenommen. Die Rechnungsergebnisse sind nachstehend zusammengestellt. Die Gesamtkosten der Decke verringern sich gegen-

Zahlentafel 4. Materialbedarf und Kosten der Geschoßdecken. (Stahlbau.)

Geschoß	Nutzlast	Normale Unterzugshöhe	Gewicht der Trägerlagen je m ² (kg)			Ummantelung m ²	Kosten je m ² Grundfläche			
			Deckenträger	Unterzüge	Insgesamt		Hohlsteindecke lt. Zahlentaf. 3	Stahlkonstruktion	Ummantelung	Insgesamt RM.
IV.	250	26	11,36	8,00	19,36	0,23	6,01	4,80	1,10	11,91
III.	500	30	15,45	11,64	26,09	0,26	6,89	6,46	1,25	14,60
II.	750	34	18,57	12,60	31,17	0,31	7,89	7,70	1,49	17,08
I.	1000	36	20,90	14,25	35,15	0,33	8,34	8,70	1,58	18,62
Erdg.	1500	40	27,20	17,45	44,65	0,37	9,47	11,05	1,78	21,30
Keller	2000	45	30,65	22,15	52,80	0,37	10,50	13,05	1,78	25,33

über den Angaben von Frank, namentlich in den oberen, weniger belasteten Geschossen.

c) Die Decken in Eisenbeton.

Frank führt die Berechnung der kontinuierlichen Decke mit Haupt- und Nebenunterzügen durchwegs für die Plattenspannweite von 3,0 m durch; diese Austeilung erweist sich aber bei höheren Nutzlasten als 500 kg/m² nicht mehr als wirtschaftlich, da die Deckenplatten mit zunehmender Belastung zu stark werden. Die Materialbedarfsangaben auf Zahlentafel 5 und 6 der Frank'schen Schrift erscheinen daher zur Gegenüberstellung nicht geeignet. Auch beziehen sich in der hier vorgelegten Aufgabe die einzelnen Nutzlasten auf bestimmte Einspannungsgrade, so daß schon aus diesem Grunde eine neue Berechnung der Tragkonstruktion nötig war, um eine geeignete Vergleichsgrundlage für die richtige Beurteilung des Wirtschaftlichkeitswertes der beiden Bauweisen zu gewinnen. Als Abstand der Nebenunterzüge ergab sich auch hier 2,0 m im allgemeinen als wirtschaftlicher und auch in den unteren schwerer belasteten Stockwerken noch billiger als die kreuzweise bewehrte Decke nach Zahlentafel 6 der Frank'schen Dissertation (s. S. 5). Bei der Decke des Kellergeschosses konnte sogar vom § 17/11c der Eisenbetonbestimmungen Gebrauch gemacht werden, die an die Säule angeschlossenen Unterzüge als eingespannte Träger rechnen zu dürfen ($\frac{s}{h} = \frac{72}{330} > \frac{1}{5}$), wodurch sich eine merkliche Ersparnis an Gewicht und Kosten ergibt.

In den obersten schwächer belasteten Geschossen ist es schon von vornherein wegen der hier noch geringen Deckenstärken und der erforderlichen geringsten Nutzhöhen der Unterzüge, $h = \frac{l}{20}$ (§ 14/10) gegeben, die Plattenspannweite von 3,0 m einzuhalten.

Die in den Zahlentafeln von Frank etwas knapp bemessenen Konstruktionshöhen dürften darauf zurückzuführen sein, daß bei der Ermittlung des Massenbeiwertes für die Formel zur wirtschaftlichen Bemessung des Plattenbalkens die oberen Stützeisen nicht in Rechnung gestellt wurden und der Einheitspreis für abgewinkelte Schalung im vollen Betrage eingesetzt wurde, in der gleichen Weise wie es in dem im übrigen für die Veranschlagung wertvollen Büchlein von Lerche¹ angegeben wird. Dies führt aber, insofern die Veränderlichkeit des Trägheitsmomentes und die dementsprechende Durchbildung des Trägers nicht von Ausschlag ist, im allgemeinen zu einer zu geringen Balkenhöhe in Feldmitte². Die in der Praxis übliche Bemessungsformel ergibt sich als die folgerichtige Ableitung der Bedingungsgleichung der Kostensumme:

$$K = b_o (d - d_o) \beta + [b_o + 2 (d - d_o)] \sigma + \nu F_e \varepsilon = \min$$

für konstant angenommene Stegbreite b_o (die genauere Berechnung führt zu praktisch nicht gut verwendbaren Ergebnissen. $\beta, \sigma, \varepsilon$: die Einheitspreise für Beton, Schalung und Eisen; ν : der Massenbeiwert des Eisens, d. i. jene Zahl, mit welcher das rechnerisch ermittelte F_e zu multiplizieren ist, um den mit der Querschnittshöhe veränderlichen, auf die Längeneinheit bezogenen Eisenaufwand der Rippe in kg zu erhalten). Durch Herabminderung des Schalungspreises, in dem gewöhnlich der für jede Balkenhöhe unveränderliche Anteil an Rüstung inbegriffen ist, in einer den tatsächlichen Verhältnissen entsprechenden Weise, dürfte indes am einfachsten der Widerspruch behoben werden, der eine anscheinend rechnerisch zutreffende Querschnittsausbildung vorgibt, jedoch in den richtigen Preisverhältnissen und der einwandfreien Wirtschaftlichkeit nicht begründet ist. In der vorliegenden Untersuchung ist nicht davon Gebrauch gemacht worden, weshalb die Gewichte sich der unteren Grenze nähern dürften.

Zahlentafel 5. Materialbedarf und Kosten der Geschoßdecken. (Eisenbeton.)

Geschoß	Nutzlast	Entfernung der Nebenunterzüge	Konstruktionshöhe	Materialbedarf je m ² Grundfläche				Kosten je m ² Grundfläche				Gesamtkosten	
				Beton	Eisen	Schalung I	Schalung II	Beton	Eisen	Schalung I	Schalung II	Kostensumme + 15% Zuschlag	Insgesamt RM.
		cm	m ³	kg	m ²	m ²							
IV.	250	3,0	50	0,141	16,0	0,747	0,520	5,08	4,46	1,86	2,82	14,22 2,14	16,36
III.	500	3,0	54	0,152	22,3	0,738	0,559	5,48	6,22	1,84	2,96	16,50 2,48	18,98
II.	750	2,0	54	0,152	22,5	0,693	0,712	5,48	6,28	1,74	3,79	17,29 2,59	19,88
I.	1000	2,0	58	0,165	24,1	0,690	0,732	5,95	6,71	1,73	3,90	18,29 2,75	21,04
Erdg.	1500	2,0	64	0,187	30,0	0,679	0,794	6,75	8,37	1,69	4,22	21,03 3,15	24,18
Keller	2000	2,0	68	0,199	31,7	0,679	0,797	7,20	8,85	1,69	4,26	22,00 3,30	25,30

¹ a. a. O. S. 1.² Vgl. hierzu: Mayer, M.: Die Wirtschaftlichkeit als Konstruktionsprinzip im Eisenbetonbau. S. 60. Berlin 1913; und Barck: Dimensionierung des Plattenbalkens in „Armerter Beton“ 1917, H. 9.

Die Ermittlung der Massen in Zahlentafel 5 wurde in folgender Weise vorgenommen: Der Beton ist unter Abzug des die Decken durchbrechenden Raumanteiles der Stützen in Rechnung gestellt. Die Eisenmengen wurden in der Weise festgesetzt, daß das rechnerisch ermittelte F_e im Mittelfelde, bzw. der hierfür knapp heranreichende Rundeisenquerschnitt, bei der Platte mit 1,2, in den Unterzügen mit 1,35 bis 1,60 multipliziert wurde, um angenähert die erforderliche Mindestmenge von Eisen in kg je m² Plattenfläche bzw. je laufendem Meter Unterzuglänge zu erhalten. Zur errechneten Kostensumme auf Grund der in Abschnitt 3 angegebenen Einheitspreise wurde (wie bei Frank) ein Zuschlag von 15% für Risiko und Gewinn — hinzugerechnet.

d) Die Dachdecken.

Die diesbezüglichen Bedarfsmengen und Kostenbeträge sind nachstehend gesondert in Zahlentafel 6 einander gegenübergestellt.

Zahlentafel 6. Materialbedarf und Kosten für die Dachdecken.

Konstruktion	Herstellungsart	Maßgattung	Menge	Einheitspreis	Kosten je m ²	
					einzeln	insgesamt RM.
Stahl	Zomackdecke	—	—	—	5,20	9,28
	Eisenkonstruktion . . .	kg	10,8	0,248	2,68	
	Ummantelung	m ²	0,29	4,80	1,40	
Eisenbeton	Beton	m ³	0,059	42,08	2,48	10,57
	Eisen	kg	8,0	0,309	2,47	
	Schalung I	m ²	0,880	2,50	2,20	
	„ II	m ²	0,360	5,32	1,92	
	Zomakleichtsteine . . .	Stk.	7,5	0,20	1,50	
15 % Zuschlag:					1,59	12,16

4. Die Stützen.

a) Vorbemerkungen.

Die Stützen wurden nach den in den Vorschriften (Eisenhochbau: C II 1 und C III 1, b — Eisenbeton: § 17/5) zugelassenen Annahmen für beide Bauweisen nur auf mittigen Druck berechnet, wobei von einer Kontinuitätswirkung der an die Stützen anschließenden Träger abgesehen wurde und das auf die Fläche von 36,0 m² entfallende Eigengewicht + Nutzlast als ungünstigste Belastung in Rechnung gestellt wurde. In beiden Bauweisen wurde für die Stützen hochwertiges Material — St 48 bzw. Beton aus hochwertigem Zement — angenommen und als zulässige Beanspruchung für die eisernen Stützen 1560 kg/cm², für den Beton 60 kg/cm² eingehalten.

b) Die Stützen im Stahlbau.

Für die Stahl-Stützen wurde sowohl die Ausführung in deutschen Normal[-Eisen (2 [-Eisen, in den unteren Geschossen mit beiderseitig aufgelegten Gurtplatten verstärkt) als auch diejenige in breitflanschigen DIN-IP-Trägern näher erwogen. Letztere Form ist insofern von Vorteil, als sich der Raumgewinn viel weiter steigern läßt als bei jeder anderen Ausführung. Eine Ersparnis an Gewicht und Baukosten ließ sich aber im vorliegenden Sonderfall nicht damit erzielen;

von einer besonderen Gegenüberstellung beider Bauarten wurde daher abgesehen und es ist lediglich die Stützenausbildung unter Verwendung von deutschen Normalprofilen zum Kostenvergleich herangezogen.

In Abb. 5 und in Zahlentafel 7 sind die aus den Eigengewichten und Nutzlasten sich ergebenden tatsächlichen Geschoßlasten eingetragen. Die aus Zahlentafel 8 ersichtlichen Stützenprofile sind in ihrer Ausführung den im Taschenbuch „Eisen im Hochbau“ gegebenen Richtlinien, woraus die genauen Gewichte einschließlich der Verbindungsstücke für die verschiedenen Profile entnommen werden können, entsprechend angepaßt. Kopf- bzw. Fußausbildungen sind nur im Dachgeschoß bzw. in den Fundamenten nötig. Aus Zahlentafel 8 ergibt sich der prozentuale Zuschlag nur zu

$$\frac{(530 + 140) 100}{2530} = 26,5 \%,$$

das Gewicht je Stützenstrang beträgt mithin gegenüber der Annahme von Frank 975 kg weniger. Bei einem Einheitspreis von RM. 320,— bedeutet dies eine Kostenverminderung von rd. RM. 8,70 für das Quadratmeter Gebäudefläche. Entsprechend geringer ergeben sich auch die Kosten der feuer-sicheren Ummantelung sowohl wegen der geringeren Fläche als auch wegen der geringeren Stärke, für welche hier ebenso wie für die Träger 3 cm vollkommen ausreicht.

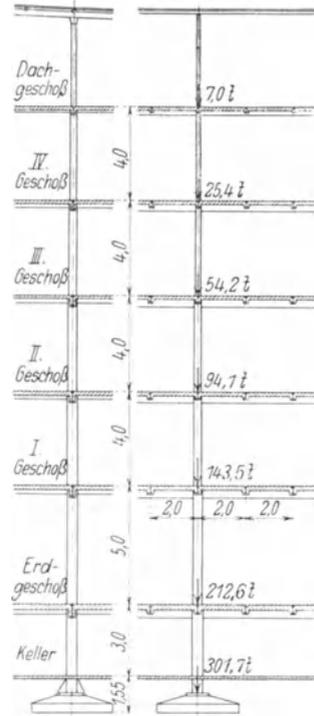


Abb. 5.

Zahlentafel 7. Belastung der Stahl-Stützen und der Fundamente.

Geschoß	Nutzlast kg/m²	Deckenlasten				Nutzlast	Stützengewichte			Gesamtbelastung	
		Deckenplatte	Stahlkonstruktion	Stellung u. Ummantelung	Gesamtes Eigen-gewicht		Stahlkonstruktion	Ummantelung	Gesamt-gewicht	des einzelnen Geschosses t	insgesamt t
Dachgeschoß	80	2,34	0,39	1,06	3,79	2,88	0,13	0,19	0,32	6,99	6,99
IV. Geschoß	250	7,56	0,65	0,84	9,05	8,99	0,17	0,21	0,38	18,42	25,41
III. "	500	8,28	0,89	1,12	10,29	17,97	0,27	0,27	0,54	28,80	54,21
II. "	750	9,90	1,02	1,36	12,28	26,93	0,40	0,32	0,72	39,93	94,14
I. "	1000	9,90	1,17	1,59	12,66	35,86	0,47	0,39	0,86	49,38	143,52
Ergeschoß ..	1500	10,80	1,43	1,83	14,06	53,78	0,73	0,51	1,24	69,08	212,60
Keller	2000	12,24	1,75	1,94	15,93	71,70	1,19	0,31	1,50	89,13	301,73

Druck auf das Fundament: 301,73

c) Die Stützen in Eisenbeton.

Die Belastung der Stützen sowie der Materialbedarf und die Kosten sind aus den Zahlentafeln 9 und 10 zu entnehmen. Die nach § 14/11 der Betonbestimmungen erforderliche kleinste Querschnittsdicke ist schon im obersten

Zahlentafel 8. Materialbedarf und

Geschoß	Be- lastung t	Höhe m	Eisenquerschnitt	Gewichte des Stützen-	
				Schaft einschließlich Bindeblech	Verbindungsstücke Kopf und Fuß
Dachgeschoß	7,0	4,2	 2 [10	104	7
IV. Geschoß	25,4	4,0	 2 [12	127	16
III. "	54,2	4,0	 2 [16	178	24
II. "	94,1	4,0	 2 [22	275	38
I. "	143,5	4,0	 2 [28	395	75
Erdgeschoß	212,6	5,0	 2 [28 2.360.10	700	—
Keller	301,7	3,8	 2 [28 4.360.10	750	—
				Gesamtgewichte: 2530	370
					530

Geschoß durch die Belastung gegeben, nur im Dachraum ist auf 20 cm Stützenstärke heruntergegangen. Für die ausgewiesenen Betonmengen ist der ganze Stützenstrang, also in der vollen Geschoßhöhe in Rechnung gestellt, für die Schalung nur die Fläche der tatsächlichen Stützenlänge bis zur Deckenkonstruktion. Die Eisenmenge in Kilogramm je steigenden Meter wurde nach dem Ansatz $1,1 F_e$ bestimmt.

Zahlentafel 9. Belastung der Eisenbetonstützen und Fundamente.

Geschoß	Eigenlast der Decke			Nutzlast	Gesamte Belastung der Decke	Stützen- gewicht	Gesamt- last t
	Belag und Putz	Eisen- beton	Insgesamt				
Dachgeschoß . . .	1,33 ¹	5,38	6,71	2,88	9,59	0,39	9,98
IV. Geschoß	2,88	12,29	15,17	8,99	24,16	0,50	24,66
III. "	2,88	13,45	16,33	17,97	34,30	0,81	35,11
II. "	2,87	13,40	16,27	26,92	43,19	1,38	44,57
I. "	2,87	14,65	17,52	35,82	53,34	1,93	55,27
Erdgeschoß	2,86	16,85	19,71	53,63	73,34	3,60	76,94
Keller	2,85	18,29	21,14	71,28	92,42	3,05	95,47

¹ Zomakdecke.

Druck auf das Fundament: | 342,00

5. Die Fundamente.

Die Frage der Fundamentkosten ist in der Frankschen Dissertation nicht untersucht. Wie sich aber aus dem Vergleich der Zahlentafeln 7 und 9 ergibt, sind die Stützendrücke auf die Fundamente bei einer Ausführung in Stahl um rund 12% geringer als in Eisenbeton. Dies läßt schon eine weitere Ersparnis im Stahlbau erwarten, trotz der unter gleichen Umständen im Eisenbau teureren

Kosten der Stahl-Stützen.

stranges in kg		Abgewickelte Fläche der Ummantelung m ²	Materialbedarf je m ²		Kosten je m ² Grundfläche		Gesamtkosten RM.
5 % Zuschlag für Aufschlagwinkel der Träger	Insgesamt		Stahl kg	Ummantelung m ²	Stahl RM.	Ummantelung RM.	
7	130	2,62	3,62	0,073	1,16	0,35	1,51
8	155	2,81	4,31	0,078	1,38	0,38	1,76
12	220	3,44	6,11	0,095	1,96	0,46	2,42
18	350	4,33	9,72	0,120	3,11	0,58	3,69
20	450	5,41	12,50	0,150	4,00	0,72	4,98
35	735	6,98	20,40	0,194	6,53	0,93	7,46
40	790	4,21	21,95	0,117	7,02	0,56	7,58
	370		10,28		3,28		3,28
140	3200						

Fundierungskosten. Um einen geeigneten Vergleichsmaßstab zu erhalten, wurde — wie dies bei Stützenfundierungen von Stahlbauten öfter erfolgt — das Fundament in beiden Ausführungen als Eisenbetonplatte von quadratischer Grundrißfläche berechnet. Als zulässige Bodenpressung wurde der Mittelwert

Zahlentafel 10. Materialbedarf und Kosten der Eisenbetonstützen.

Geschoß	Belastung <i>t</i>	Betonquerschnitt	Eisenquerschnitt	Materialbedarf je m ² Grundfläche			Kosten je m ² Grundfläche			Gesamtkosten je m ²	
				Beton m ³	Eisen kg	Schalung m ²	Beton	Eisen	Schalung	Kosten-summe + 15 % Zuschlag	Insgesamt RM.
Dachgeschoß	10,0	20.20	4 ⚡ 10	0,0041	0,39	0,080	0,19	0,10	0,37	0,66 0,10	0,76
IV. Geschoß	34,7	25.25	4 ⚡ 14	0,0073	0,75	0,092	0,34	0,20	0,43	1,07 0,16	1,23
III. "	69,8	32.32	4 ⚡ 18	0,0118	1,25	0,116	0,54	0,33	0,54	1,41 0,21	1,62
II. "	114,4	42.42	4 ⚡ 20	0,0195	1,74	0,152	0,91	0,46	0,70	2,07 0,31	2,38
I. "	169,7	50.50	4 ⚡ 28	0,0278	3,02	0,179	1,30	0,80	0,83	2,93 0,44	3,37
Erdgeschoß	246,5	60.60	4 ⚡ 28 + 4 ⚡ 22	0,0500	5,82	0,290	2,33	1,54	1,34	5,21 0,79	6,00
Keller	342,0	72.72	4 ⚡ 28 + 4 ⚡ 22	0,0476	4,07	0,210	2,23	1,07	0,97	4,27 0,64	4,91

3,0 kg/cm² — die untere Grenze der nach den Hochbaubelastungsvorschriften zugelassenen Drücke von 3 bis 4 kg/cm² bei gutem Baugrund — gewählt.

Für die Bemessung der Fundamentplatte wurde noch mit einer mittleren Nutzlast von 500 kg/m² im Keller gerechnet und als Bodenbelag ein Estrich von

Zahlentafel 11. Materialbedarf und Kosten der Fundamente je m² Gebäudefläche.

Herstellung	Maßgattung	Einheitspreis	A. Stahlbau		B. Eisenbetonbau	
			Menge	Kosten RM.	Menge	Kosten RM.
Erdaushub	m ³	2,90	0,50	1,46	0,39	1,12
Schalung	m ²	2,16	0,15	0,33	0,16	0,34
Beton	m ³	29,94	0,18	5,38	0,20	5,99
Zementfuge	m ²	2,0	0,02	0,04	—	—
Rundeisen	kg	0,249	21,1	5,26	24,1	6,00
Leichtbetonfüllung	m ³	20,0	0,07	0,14	—	—
Insgesamt				12,61		13,45
15 % Zuschlag für Risiko und Gewinn				1,89		2,02
Gesamtkosten				14,50		15,47

12 cm Stärke angenommen. Die Berechnung ergibt als größte Belastung der Fundamentsohle für den Eisenbau: 342 t und für den Eisenbetonbau 375 t, wodurch sich die Fundamentseiten zu 3,40 bzw. 3,55 ergeben. In Zahlentafel 11 ist der Kostenvergleich für beide Bauweisen zusammengestellt.

6. Die Gesamtkosten.

Die sich ergebenden Kosten für Decken und Stützen in ihrer Gesamtheit sind in Zahlentafel 12 für beide Bauweisen vergleichend gegenübergestellt.

Zahlentafel 12. Vergleichende Zusammenstellung der Gesamtkosten je m² Gebäudefläche.

Geschoß	Stahlbau			Eisenbetonbau			Ersparnisse im Eisenbau	
	Decke	Stütze	Insgesamt	Decke	Stütze	Insgesamt	RM.	%
Dachgeschoß ..	9,28	1,51	10,79	12,16	0,76	12,92	2,13	16,5
IV. Geschoß ...	11,91	1,76	13,67	16,36	1,23	17,59	3,92	22,3
III. " ...	14,60	2,42	17,02	18,98	1,62	20,60	3,58	17,4
II. " ...	17,08	3,69	20,77	19,88	2,38	22,26	1,49	6,7
I. " ...	18,62	4,72	23,34	21,04	3,37	24,41	1,07	4,4
Erdgeschoß ...	21,30	7,46	28,76	24,18	6,00	30,18	1,42	4,7
Keller	25,33	10,86	36,19	25,30	4,91	30,21	(-5,98)	(-19,8)
Fundament....		14,50	14,50		15,47	15,47	0,97	6,3
Gesamtkosten .	118,12	46,92	165,04	137,90	35,74	173,64	8,60	4,9

Bemerkenswert ist, daß trotz der wesentlichen Verbilligung, die auch in der Eisenbetonkonstruktion gegenüber den Angaben Franks erzielt werden konnte, der Stahlbau dennoch in seinen Gesamtkosten als die wirtschaftlichere Bauweise hervortritt. In bezug auf die einzelnen

Geschosse liegt die wirtschaftliche Grenze zwischen beiden Bauweisen unter der Decke des Kellers. Hier allein erweist sich der Stahlbau, insbesondere auch durch das Hinzutreten der Säulenfüße, unwirtschaftlicher als der Eisenbeton.

Die ausgewiesenen Gesamtkosten und die daraus berechneten Unterschiede können aus den schon vorher erwähnten Gründen freilich nicht ein durchaus zuverlässiges Bild für den wirtschaftlichen Vergleich geben; doch sei hier nochmals hervorgehoben, daß in der Veranschlagung der Eisenbetondecken möglichst die noch zulässigen Mindestmengen eingehalten wurden und auch die Schalungen, nach den aus der Zeichnung sich ergebenden ebenen und abgewinkelten Flächen verrechnet sind und ein entsprechender Zuschlag für Verschnitt usw. in den ausgewiesenen Mengen nicht berücksichtigt ist, sie demnach auch in verhältnismäßig geringeren Beträgen in der Kostenrechnung erscheinen wie bei Frank. Immerhin bedeutet die errechnete Kostenverringerung für den Eisenbau von mehr als RM. 8,— je Quadratmeter Gebäudefläche für den vorliegenden Fall eine Gesamtersparnis von etwa RM. 25000 bis RM. 30000, womit allenfalls schon die Kosten einer ganzen mit der Bauherstellung verbundenen Nebenanlage gedeckt werden könnten. Die weitere wirtschaftliche Überlegenheit des Stahlbaues geht aus Abschnitt 9 hervor.

7. Vergleichende Betrachtungen und Rückblicke über die Ausführung in Stahl oder Eisenbeton.

Die vorstehend veranschlagten Massen- und Kostenberechnungen halten sich innerhalb der für die vorliegende Untersuchung ausreichenden Grenzen. Namentlich im Eisenbetonbau spielt bei der Veranschlagung und Berechnung neben der entsprechenden Erfahrung aus vorher ausgearbeiteten Entwurfsunterlagen auch das eigene Ermessen des Konstrukteurs viel mit.

Im Stahlbau liegen die Verhältnisse bei der Einheitlichkeit des Baustoffes und der Unabhängigkeit seiner Herstellung von der Zusammenfügung und Aufstellung viel einfacher als im Eisenbetonbau. Die Festigkeit der Baustoffe kann in vollstem Maße ausgenützt werden, die Spannungen und das Kräftespiel lassen sich bei der viel klareren Gliederung genauer verfolgen und bei der großen Vollkommenheit und Zuverlässigkeit der Ausführung ist eine gute Übereinstimmung der wirklichen und berechneten Spannungen und damit eine größere Sicherheit zu erwarten.

Im Eisenbetonbau kommen schon zu seiner wirtschaftlichen Durchbildung viel mehr Umstände in Betracht. Das Maß der Wirtschaftlichkeit ist in der Art der Ausbildung des Bauteiles als Ganzes einschließlich seiner Herstellung gelegen. Die wirtschaftlichste Lösung des ganzen Eisenbetonbaues — soweit sie sich im Voraus bestimmen läßt — kann nur darin gesucht werden, die einander vielfach widersprechenden Forderungen im ganzen Bauentwurf in Einklang zu bringen. Die gegebene leichte Möglichkeit, die beiden Baustoffe in ihren Festigkeitseigenschaften dem Momentenverlauf entsprechend anpassen zu können und die in seiner Eigenschaft liegende Rahmenbauweise sind entschieden Vorzüge, die zu seiner Wettbewerbsfähigkeit beigetragen haben. Aber in seiner monolithischen Ausbildungsmöglichkeit sind auch die vielen statischen Unklarheiten gelegen. Das richtige Maß der wirksamen Breite des Plattenbalkens, die wahre Größe des Trägheitsmomentes u. a. sind auf mehr oder weniger gut zutreffende An-

nahmen gegründet und von ihrer Änderung werden die ganzen Berechnungsgrundlagen und Rechnungsergebnisse beeinflusst. Der Sicherheitsgrad wird hier dementsprechend größer zu wählen sein als im Stahlbau. Dazu kommen noch die vielen Ausführungsschwierigkeiten, die eine so vollkommene Übereinstimmung mit dem Entwurf wie im Stahlbau nie werden erwarten lassen, und die bei nicht ganz sachgemäßer und zuverlässiger Durchführung jede für die feinere Berechnung aufgewendete Mühe trügerisch machen, was alles schon zu einer gewissen Vorsicht bei Eisenbetonbauten mahnt¹. Eine unsachgemäße, fehlerhafte Betonzusammensetzung kann zu schweren Schäden führen. Es sei diesbezüglich auf den vollständigen Einsturz eines achtstöckigen Eisenbetongebäudes in Amerika erinnert², als dessen Ursachen außerdem die Wirkungen des bei der Herstellung herrschenden Frostwetters trotz aller Gegenmaßnahmen angegeben werden. Freilich muß demgegenüber betont werden, daß bei zuverlässig sachgemäßer Ausführung eines Eisenbetonbaues keinerlei Befürchtungen bestehen.

Schließlich wird auch die Frage einer späteren Erweiterung, Aufstockung oder Umgestaltung für künftige veränderte Verhältnisse erwogen werden müssen, allenfalls wird sie für die Wahl der einen oder anderen Bauweise überhaupt entscheiden. Während im allgemeinen im Stahlbau Verstärkungs- und Umstellungsarbeiten ohne besondere Schwierigkeiten immer durchgeführt werden können und für eine schon bei der Errichtung des Baues vorauszusehende spätere Verstärkung mit verhältnismäßig geringen Mehrkosten vorbereitend Vorsorge getroffen werden kann, sind im Eisenbetonbau derartige spätere Arbeiten schon sehr schwer, wenn nicht überhaupt unmöglich. Es muß also schon bei der Planverfassung mit Rücksicht auf zukünftige Änderungen, Aufstockungen usw. die Bemessung stärker vorgesehen werden, als es für den nächsten Bedarf nötig ist. Wenn die unangenehmen und teuren Stemmarbeiten für Rohr- und Lichtleitungen nicht erheblichen Umfang annehmen sollen, so müssen auch hierfür in den Ausführungszeichnungen schon alle Angaben für den endgültigen Ausbauzustand enthalten sein, was aber bei den heutigen kurzen Ausführungsfristen meist nicht möglich ist. Der Eisenbeton stellt daher tatsächlich die Forderung großzügiger Planung an den Erbauer, um dem Bau auch in späteren Jahren seine Zweckmäßigkeit zu wahren — wie dies Frank richtig hervorhebt, — aber sie bedeutet vielfach und nicht zum geringsten Teil eine Verteuerung gegenüber dem Stahlbau

8. Die Bauzeiten.

Es ist wohl schon in der ganzen Eigenheit des Stahlbaues selbst gelegen, daß die Bauzeiten hier ganz anders zu bewerten sind als im Eisenbetonbau. Dieser ist wesentlich eine Saisonarbeit; das gute Gelingen wird von der Witterung, von den Frösten u. dgl. stark beeinflusst³. Der Stahlbau ist von der Jahres-

¹ Vergl. auch Schaechterle: Wirtschaftlicher Vergleich zwischen Eisenbeton und Eisenbauten. Schweizerische Bauzeitung Bd. 88, S. 14. 1926.

² Der Bauingenieur 1924, H. 7, S. 216.

³ Durch die neuesten Fortschritte und Erkenntnisse in der richtigen, sachgemäßen Herichtung und Anwendung der Baustoffe für den erforderlichen Zweck wird allerdings auch in der kalten Jahreszeit bei nicht zu starken Frösten die Herstellung eines einwandfreien Betons ermöglicht; doch bewirken die dabei nötigen vielfachen Vorsichtsmaßnahmen (An-

zeit und vom Wetter nahezu unabhängig, dabei ermöglicht dies auch eine bessere Verteilung der Arbeiten, die Verlegung eines großen Teils der Arbeit in die Werkstätte, die Ausnützung der unhaltbaren Witterung für die vorbereitenden Arbeiten daselbst, die gleichmäßigere Beschäftigung der Arbeiter und die Verminderung der Betriebsunkosten. Durch den Hinweis Franks auf die Rekordziffern deutscher und amerikanischer Betonunternehmungen in der Herstellungszeit wird somit nichts bewiesen, wenn auch feststeht, daß heute bei rationeller Arbeitsweise auch Eisenbetonhochhäuser unter günstigen Verhältnissen sehr rasch hochgetrieben werden können. Denn an der Tatsache, daß man im Stahlbau noch viel schneller bauen kann, wird dies nichts ändern. Welche Schnelligkeit in der Aufstellung der Stahlgerippe amerikanischer Hochhäuser heute erreicht ist, beweist beispielsweise nur ein Blick in die Abbildungen der kürzlich erschienenen Schrift von R. Neutra¹ über amerikanische Bauweise. Hier wird der Bau des großen Hotel-Hochhauses „Palmerhouse“ (im ganzen rund 170000 m² Geschoßfläche in 23 Stockwerken, die den Bürgersteig 100 m überragen) näher beschrieben, das inmitten des Chicagoer Geschäftsviertels errichtet wird. Über die Herstellung des Stahlskelettes wird mitgeteilt: „Die Aufrichtung erfolgt mit so großer Geschwindigkeit, daß durchschnittlich jede Woche ein Geschoß fertig gesetzt und vernietet ist; im Verhältnis zum Arbeitsmaß erscheint die Zahl der Arbeitskräfte auf der Baustelle gering.“ Solche Schnelligkeiten im Baufortschritt, die fallweise durch die Kühnheit und Geschultheit der Mannschaft noch weiter gesteigert werden können, werden im Eisenbetonbau nie und nimmer erreicht werden.

Diese unschätzbaren Vorteile in der Kürze der Bauzeit fallen um so mehr ins Gewicht, als dadurch das anzulegende Kapital früher gewinnbringend gemacht werden kann. Hochhäuser werden nur da gebaut, wo die Bodenpreise sehr hoch sind. Bei Ausführung in Eisen können die Ersparnisse an unproduktiven Zinsen Beträge ergeben, welche jede andere Bauweise von vornherein ausscheiden läßt. Auch die viel weniger umständlichere Abbruchmöglichkeit und die ohne besondere Schwierigkeiten und Unkosten vorzunehmenden Umbauten stellen einen zwar nicht genau erfaßbaren, aber doch bemerkenswerten Kapitalwert dar. Besonders hervorzuheben ist die völlige Unabhängigkeit der Tragkonstruktion von der Ausführung der Decken, Außen- und Zwischenwände, mit deren Einbau an beliebiger Stelle und durch einen anderen Unternehmer in einfacher Weise an das fertig hergerichtete Traggerippe ohne Hemmung durch Schalungstützen fortgesetzt werden kann, die leichte Möglichkeit, noch während des Baues geplante oder sich erforderlich machende Änderungen in der Ausführung durchführen zu können. Diese Vorteile sind schon beim Bau des ersten deutschen Hochhauses in vollständiger Stahlkonstruktion, dem Lochnerhaus in Aachen, als ein besonderer Vorzug des Stahlbaues merklich hervorgetreten².

wärmen des Zements und der Zuschlagstoffe, Vor- und Nachbehandlung der Schalungen und der Betonmasse, Verlängerung der Schalfristen usw.) eine Verteuerung der Herstellung, die aber dort in Rechnung zu ziehen ist, wo die hohen Grundstückspreise ihre Wiedereinbringung durch die rasche Errichtung dieser Bauten erwarten lassen.

¹ Neutra: *Wie baut Amerika?* S. 38ff. Stuttgart: Verlag Julius Hoffmann 1927.

² S. Deutsche Bauzeitung 1926, Nr. 23.

9. Die Frage der Raumausnützung.

a) Die Höhenentwicklung (Raumanteil der Decken).

Eine Übersicht, wie sich die Raumausnützung in den erreichbaren Konstruktionshöhen und lichten Geschoßhöhen in verschiedener Ausführung der Decken in Stahl oder Eisenbeton gestaltet, gibt Zahlentafel 13. Für den von Frank

Zahlentafel 13. Vergleichende Zusammenstellung der Höhenverhältnisse.

Geschoß	Nutzlast	Normale Geschoßhöhe	Stahlbau I Durchgehende Stützen			Stahlbau II Durchgehende Träger			Eisenbeton I Decke mit Haupt- und Nebenunterzügen			Eisenbeton II Piltzdecke			
			Konstruktionshöhe	Lichte Höhe	Kleinste Geschoßhöhe	Konstruktionshöhe	Lichte Höhe	Kleinste Geschoßhöhe	Konstruktionshöhe	Lichte Höhe	Kleinste Geschoßhöhe	Konstruktionshöhe	Lichte Höhe	Kleinste Geschoßhöhe	
IV. Geschoß	250	4,0	0,29	3,66	3,14	0,35	3,61	3,19	0,50	3,46	3,34	0,19	3,77	3,03	
III. "	500	4,0	0,35	3,61	3,19	0,41	3,55	3,25	0,54	3,42	3,38	0,19	3,77	3,03	
II. "	750	4,0	0,39	3,57	3,23	0,45	3,51	3,29	0,54	3,42	3,38	0,20	3,76	3,04	
I. "	1000	4,0	0,41	3,55	3,25	0,50	3,46	3,34	0,58	3,38	3,42	0,20	3,76	3,04	
Erdgeschoß	1500	5,0	0,45	4,51	3,99	0,55	3,41	4,39	0,64	4,32	4,18	0,25	3,71	3,79	
Keller	2000	3,0	0,50	2,46		0,60	3,36	—	0,68	2,30	—	0,28	3,68	—	
Mindesthöhe ¹ vom Fußboden des Erdgeschosses bis zum Fußboden des Dachgeschosses:					16,80			17,46			17,70			15,93	

behandelten Fall der Deckenträger als Durchlaufträger können die in seiner Dissertation angegebenen Konstruktionshöhen (Zahlentafeln a und h) mit Rücksicht auf die höhere zulässige Inanspruchnahme, die Austeilung und Belastung der Nebenträger vermindert werden; die berichtigten Werte sind in Zahlentafel 13 eingetragen.

Eine allfällige, noch weitere Verminderung dieser letzteren Konstruktionshöhen um 10 cm könnte in den beiden untersten Geschossen durch Verwendung von breitflanschigen DIN-IP-Trägern erzielt werden, was mit einer unwesentlichen Verteuerung der Decke um rund RM. 0,50 je Quadratmeter verbunden wäre. Sie ist indes durch den größeren Nachteil der damit erforderlichen Verbreiterung des Stützenquerschnittes wieder aufgehoben. Im Falle durchgehender Stützen sind wieder bei DIN-IP-Trägern die Anschlüsse der Nebenträger schwieriger durchzuführen, und solche Profile kämen hier hauptsächlich für die Endfelder in Betracht. Von einer besonderen diesbezüglichen Zusammenstellung wurde jedoch wegen ihrer geringeren Bedeutung abgesehen.

Die aus Zahlentafel 13 ersichtlichen Maße entsprechen den noch einzuhaltenden Mindestbeträgen für die wirtschaftlichen Konstruktionshöhen (vgl. Abschnitt 3). Die nicht genaue Berücksichtigung der wirklich vorliegenden Verhältnisse kann leicht zu einer Überschätzung dieser Maße auch in jenen Fällen verleiten, wo ihnen ein geringerer Wert zukommt. Die in 6 m Entfernung liegenden Hauptunterzüge werden hier jedenfalls nicht die Bedeutung haben wie bei Brücken

¹ Angenommen ist hierbei eine Lichthöhe von 2,80 m in den Obergeschossen und von 3,50 m im Erdgeschoß.

oder Durchfahrten, wo die Bauhöhe bzw. die lichte Durchgangshöhe oft allein für die ganze Tragwerksausbildung entscheidend ist. Maßgebend für den Wert eines Raumes wird wohl immer die Stapelhöhe oder der Luftraum sein. Die besondere Gegenüberstellung verschiedener erreichbarer Konstruktionshöhen wird im allgemeinen nebensächlicher Natur sein.

Insofern allenfalls infolge behördlicher Vorschriften, feuerpolizeilicher Rücksichten usw. eine Verringerung der Lichthöhen in Frage kommt, erweist sich im Vergleich verschiedener Bauarten (Zahlentafel 13) der Stahlbau mit durchgehenden Stützen als ungefähr in der Mitte stehend zwischen der Eisenbetondecke mit Haupt- und Nebenunterzügen und der Eisenbeton-Pilzdecke, die jedoch in wirtschaftlicher Hinsicht hinter den anderen Deckenarten zurücksteht (vgl. Zahlentafel b).

Viel wichtiger als die Ausnutzung des Raumes in der Höhenrichtung ist

b) die wagrechte Raumausnutzung (Raumanteil der Stützen), und diese Frage hat Frank vollständig außer Acht gelassen. Hier zeigt sich aber gerade am deutlichsten, wie gut der Stahlbau im Großgeschoßbau abschneidet, was auch öfter beim Preis- und Nutzwertvergleich zwischen Eisenbeton und Stahlkonstruktion nicht zuletzt zugunsten der letzteren von Entscheidung war. Es braucht diesbezüglich nur an den Bericht aus dem Jahre 1912 über den typischen Fall eines Geschäftshauses mit vier Obergeschossen in Stockholm¹ und den Bau des Lochnerhauses in Aachen² verwiesen werden.

Wie hervorragend im vorliegenden Beispiel der durch den Stahlbau erzielte Raumgewinn ist, geht aus Zahlentafel 14 hervor. Die Stahlstützen erfordern

Zahlentafel 14. Vergleichende Zusammenstellung des Raumanteils der Stützen.

Geschoß	Gesamte Innenfläche m ²	Stahlbau				Eisenbetonbau				Raumgewinn im Stahlbau	
		Stützenquerschnitt cm/cm	Verbaute Fläche		% Anteil	Stützenquerschnitt cm/cm	Verbaute Fläche		% Anteil	m ²	%
			einer Stütze m ²	insgesamt m ²			einer Stütze m ²	insgesamt m ²			
Dachgeschoß	3500	22.16	0,0352	2,46	0,070	20.20	0,0400	2,80	0,080	0,34	0,01
IV. Geschoß	3480	24.18	0,0432	3,02	0,087	25.25	0,0625	4,38	0,126	1,36	0,04
III. "	3480	28.22	0,0616	4,31	0,124	32.32	0,1024	7,17	0,206	2,86	0,08
II. "	3480	34.28	0,0952	6,66	0,192	42.42	0,1764	12,35	0,355	5,69	0,16
I. "	3480	42.34	0,1428	10,00	0,288	50.50	0,2500	17,50	0,503	7,50	0,21
Erdgeschoß	3480	42.36	0,1512	10,58	0,305	60.60	0,3600	25,20	0,725	14,62	0,42
Keller	3470	42.38	0,1596	11,17	0,320	72.72	0,5184	36,29	1,045	25,12	0,72

im ganzen Gebäude bis in den Dachraum einen kleineren Anteil an verbauter Fläche als die Eisenbetonstützen. In den unteren wertvollsten Geschossen steigert sich dieser Raumgewinn so bedeutend, daß er bei der angenommenen Gesamtinnenfläche ohne Rücksicht auf die Deckendurchbrechungen im Erdgeschoß 14,6 m² oder 0,4%, im Keller mehr als 25 m² (rund 0,7%) ausmacht, also einen ansehnlichen Gewinn an nutzbarer Bodenfläche

¹ Eisenbau 1912, H. 5.

² Deutsche Bauzeitung 1926, Nr. 23.

darstellt. Noch größer ist der Raumgewinn bei Verwendung breitflanschiger DIN-Profile; in nachstehender Zahlentafel 14a ist das Ergebnis zum Vergleich Zahlentafel 14a. Zusammenstellung des Raumanteils der Stützen mit H-Profilen.

Geschoß	Stahlbau mit breitflanschigen DIN-Profilen				Raumgewinn gegenüber Stahlbau mit Normal-Profilen	
	Stützen- querschnitt cm/cm	Verbaute Fläche		% Anteil	m ²	%
		einer Stütze m ²	insgesamt m ²			
Dachraum	20.20	0,0400	2,80	0,080	(- 0,34)	(- 13,8)
IV. Geschoß	22.22	0,0484	3,39	0,097	(- 0,37)	(- 12,2)
III. "	22.22	0,0484	3,39	0,097	1,65	32,5
II. "	28.34	0,0672	4,70	0,135	1,96	29,5
I. "	32.32	0,1024	7,17	0,206	2,83	28,3
Erdgeschoß	38.34	0,1292	9,04	0,260	1,54	14,6
Keller	38.34	0,1292	9,04	0,260	2,13	19,4

mit den Stützen aus Normalprofilen festgehalten. Wenn man bedenkt, daß derartige Gebäude nur da in Betracht kommen, wo die Grundstückpreise hoch sind (in Berlin sind beispielsweise schon Preise von rund RM. 5000,— je Quadratmeter gezahlt worden)¹, so ergibt sich hieraus allein schon die fühlbare wirtschaftliche Überlegenheit des Eisens im Großgeschoßbau.

10. Der Einfluß der beiden Bauweisen auf die sonstige Benützbarkeit des Gebäudes.

Aus der Bestimmung der Großgeschoßbauten zur Schaffung von Räumen, die dem Aufenthalt, der Berufsarbeit und auch der Unterkunft von Menschen zu dienen haben, ergeben sich die hier näher zu behandelnden Anforderungen in bezug auf Wärme- und Schallsicherheit, Wohnlichkeit, Feuersicherheit und die Lebensdauer der Gebäude.

Frank bezeichnet (S. 16 seiner Abhandlung) die Hellhörigkeit als einen „kleinen“ Nachteil der Eisenbetonbauweise gegenüber dem Eisenbau mit Hohlsteindecken. Dieser Ansicht seien hier einige Beurteilungen und Tatsachen gegenübergestellt, die das Obwalten irgendwelcher Voreingenommenheit für eine der beiden Bauweisen ausschließen. Dr.-Ing. Seeger, der sich im übrigen auch an anderer Stelle der unten genannten Sammlung dem Eisenbetonbau gegenüber nicht abgeneigt zeigt, schreibt in seinem eingehenden Aufsatz: „Die Entwicklung des Bürogebäudes in Deutschland“²: „Selbstverständlich kommt als Deckenkonstruktion nur die Massivdecke in Frage. Die reine Eisenbetondecke empfiehlt sich in Bürohäusern nicht wegen ihrer Hellhörigkeit, d. h. wegen ihrer Eigenschaft, Geräusche nicht nur durchzulassen, sondern unter Umständen noch zu verstärken. Letzteres tritt besonders dann auf, wenn sehr große Flächen monolithisch ausgeführt werden. Die zweckmäßigere Form der massiven Decke ist die Hohlsteindecke, deren es eine große Anzahl verschiedener Systeme gibt.“ Wie hervorragend die Isolierfähigkeit der Hohlsteindecke zwischen Eisenträgern sich bewährt, wird durch das Untersuchungsergebnis beim neuen Gesundheits-

¹ Kürzlich wurde in Berlin ein Preis von über 7000.— RM. je Quadratmeter gefordert.

² In der Sammlung „Das Bürohaus“ H. 1, S. 40. Leipzig: Verlag I. M. Gebhardt 1924. Bisher 2 Hefte erschienen.

amt in Hamburg bewiesen. Bei diesem über dem Gelände des Stadtbahntunnels erbaute Hochhaus, bei welchem wegen der schwierigen Verhältnisse in Anbetracht seiner Lage für das gesamte Tragwerk ausschließlich Eisen in Betracht kam, wurden alle Zwischendecken in Hohlsteinen konstruiert; dabei spürt man auch im Erdgeschoße nichts davon, daß man den Luftraum des Hochbahntunnels nur 40 cm unter sich hat¹. Weitere Beweise bietet die Anwendung der Hohlsteindecken zwischen eisernen Trägern beim Neubau der Kommerz- und Privatbank Nürnberg², ebenso auch beim Industriehaus der Siemens-Schuckertwerke Berlin³, und schließlich sei noch ein Bericht aus den Vereinigten Staaten⁴ erwähnt.

Für die in letzterer Zeit in Geschäftshäusern, Versammlungsräumen usw. vielfach angewendeten unterhängten Rabitzdecken zwecks Einbau der Entlüftung bieten die Hohlsteindecken Kleinescher Bauart einen sehr beachtenswerten Vorteil gegenüber den Eisenbetondecken. Während bei letzteren die Befestigung der Aufhängeisen durch Aufsuchen der in Abständen von 25 bis 30 cm liegenden, freizustemmenden Zugeisen erfolgt, gestaltet sich die in allen Stellen der Hohlsteine durchführbare Anbringung wesentlich leichter⁵. Von Vorteil wird dabei auch die geringere Konstruktionshöhe der Unterzüge gegenüber dem Eisenbetonbau sein.

Als besonderer Vorzug der Eisenbetonbauten wird die große Feuersicherheit gerühmt. Beton verhält sich auch tatsächlich dem Feuer gegenüber weitaus günstiger noch als natürliche Steine, während Eisen, wenn es nicht ummantelt ist, bereits bei 500° C die Hälfte seiner Tragfähigkeit verliert. Für die feuersichere Ummantelung ist jedoch nach dem Preuß. Ministerial-Erlaß II — 9 — 161 vom 12. III. 1925 eine allseitige Betondeckung mit eingelegtem Drahtgewebe oder einem gleichartig erprobtem Baustoff in der Stärke von 3 cm völlig ausreichend (Frank nimmt unnötigerweise 5 cm an)⁶.

In Frage kommen schließlich noch die Kosten der Unterhaltung und der Lebensdauer. Bezüglich der Widerstandsfähigkeit der Stahlkonstruktion in Hochhäusern durch Korrosion sei auf den Auszug der diesbezüglichen Mit-

¹ Deutsche Bauzeitung 1927, H. 69/70; Bauwelt 1927, H. 25.

² Deutsche Bauzeitung 1927, H. 71.

³ Bauwelt 1927, H. 27.

⁴ Bauingenieur 1927, H. 40.

⁵ Bauwelt 1927, H. 50, S. 1242.

⁶ Die ganz besondere Sorgfalt, die die Amerikaner der feuersicheren Ummantelung des Stahlskelettes gewidmet haben, und die genau vorgeschriebenen Stärken derselben, wie auch der hohe Stand der Technik des feuerfesten Terrakottamaterials, werden bei den dortigen besonderen Verhältnissen verständlich sein. Die Straßen der dortigen Turmhausviertel, die bei weitem nicht soviel Menschen fassen können als nur in einem solchen Hochhaus angesammelt sind, machen die Wirkung einer allfällig ausbrechenden Panik vorstellbar. Es sind daher dort noch außerdem alle erdenklichen Maßnahmen zur raschen Feuerlöschung und zur Verhütung einer Verqualmung der Ausgänge vorgesehen. Vgl. auch die näheren Angaben in der oben angegebenen Schrift: „Wie baut Amerika?“ Dr.-Ing. R. Bernhard teilt in der Deutschen Bauzeitung 1926, H. 21 in der Besprechung des Hochhausbaues in New York mit: „Nach einem Bericht einiger amerikanischer Feuerwehr-Ingenieure, veröffentlicht durch die ‚American Society of Civil Engineers‘ 1925 liegt die Hauptgefahr bei diesen Riesenbauten viel mehr in einer niemals zu vermeidenden sofortigen Verqualmung sämtlicher Treppen und Fahrstuhlschächte und deren Außerbetriebsetzung als in einer Überbeanspruchung des Materials durch Hitzeinwirkung.“

teilungen aus „The Iron Age“ 1926 H. 18¹ hingewiesen. Die Feststellungen des guten Zustandes beim Abtragen der Eisenkonstruktion eines Hochhauses, das während 35 Jahren kaum einer besonderen Behandlung unterworfen war, lassen auf eine fast unbeschränkte Lebensdauer schließen. Die Behauptungen Franks über die amerikanischen Wolkenkratzer (Abschnitt I/6) stehen wohl mit obiger Tatsache in schroffem Widerspruch. Auch in der Abhandlung „Fünfzig Jahre amerikanischer Ingenieur-Baukunst“² finden sich Mitteilungen, die von der Dauerhaftigkeit, Haltbarkeit und Rostsicherheit des Stahlgerippes bei sachgemäßer Ummantelung und Schutz gegen Feuchtigkeit ein gutes Zeugnis ablegen.

11. Schlußwort.

In dem hier behandelten Vergleichsbeispiel ist selbstredend die Anwendungsmöglichkeit des Stahls noch keineswegs erschöpft. Auch hier ist eine große Variationsmöglichkeit durch entsprechende Ausgestaltung der Aufteilung, Einlegung von Zwischenunterzügen u. a. m. gegeben. Wirtschaftliche Vorteile wird insbesondere auch die mit ganz einfachen Mitteln zu bewerkstellende Anordnung von vollständigen Stahl-Rahmenwerken bieten³. Dabei ist in der hier leichteren Einschaltung von Zwischengelenken, der klareren baulichen Durchbildung und der durchsichtigeren Gliederung eine genauere Erfassung des Kräftespiels und

Zahlentafel 15.
Vergleichende Übersicht der Kosten für verschiedene Belastungen.

Geschob	Nutzlast	Bauweise	Kostenergebnis I			Kostenergebnis II			Kostenverringering gegenüber I	
			Decke	Stütze	Insgesamt	Decke	Stütze	Insgesamt	RM.	%
IV.	250	Eisenbeton	15,80	1,38	17,18	16,36	1,23	17,59	(- 0,41)	- 2,4
		Stahl	14,43	3,11	17,54	11,91	1,76	13,67	3,87	22,0
III.	500	Eisenbeton	18,30	2,05	20,35	18,98	1,62	20,60	(- 0,25)	- 1,2
		Stahl	15,63	4,43	20,06	14,60	2,42	17,02	3,04	15,1
II.	750	Eisenbeton	20,75	3,42	24,17	19,88	2,38	22,26	1,91	7,9
		Stahl	19,68	6,53	26,21	17,08	3,69	20,77	5,44	20,7
I.	1000	Eisenbeton	22,84	5,24	28,08	21,04	3,37	24,41	3,67	13,1
		Stahl	20,75	10,71	31,46	18,62	4,72	23,34	8,12	25,8
Erdg.	1500	Eisenbeton	25,00	9,52	34,52	24,18	6,00	30,18	4,34	12,6
		Stahl	22,54	20,29	42,83	21,30	7,46	28,76	4,07	9,5
Keller	2000	Eisenbeton	27,90	8,40	36,30	25,30	4,91	30,21	6,09	16,8
		Stahl	23,99	19,56	43,55	25,33	10,86	36,19	7,36	16,9

¹ Der Bauingenieur 1927, H. 11, S. 187.

² Der Bauingenieur 1924, H. 21, S. 711.

³ Ein besonders interessantes Beispiel hierfür bietet der kürzlich ausgeführte achtgeschossige Geschäftshausneubau der Firma Samt u. Seide G. m. b. H. in Mannheim. Dort wurden bei 16 m freier Stützweite möglichst geringe Bauhöhen der tragenden Konstruktion bei einer größten Durchbiegung von $\frac{1}{500}$ l gefordert. Diese Anforderungen in Verbindung

mit den ungünstigen Belastungen, sowie die erzielte günstige Raumaussnutzung ließen hier den Stahlbau im Vergleich mit anderen Bauweisen wirtschaftlicher und zweckentsprechender hervortreten; dabei war auch die besonders kurze Bauzeit — der Bau mit dem Gesamtgewicht von 800 Tonnen wurde in knapp zwei Monaten (September und Oktober 1927) aufgestellt — sehr ausschlaggebend.

damit auch die weitestgehende Ausnützung der Festigkeiten und eine Verringerung an Gewicht und Kosten möglich. Dies gibt auch zugleich die leichte Möglichkeit einer Abänderung der hier getroffenen Felderausteilung zum Zwecke einer noch günstigeren Raumausnützung.

Die jeweilige Marktlage wie auch unberechenbare Bindungen werden immer auf die Wettbewerbsfähigkeit beider Bauweisen von Einfluß sein. Die vorangehenden Untersuchungen, deren Kostenergebnisse (II) zum Vergleich mit

Zahlentafel 16. Vergleichende Übersicht der errechneten Konstruktionshöhen.

Nutzlast kg/m ²	Berechnungs- ergebnis	Eisenbeton, Kontin. Decke mit Haupt- u. Nebenunterzügen		Eisenbeton, Kreuz- weise bewehrte Decke		Stahlbau mit Hohl- steindecke	
		Abstand der Deckenträger m	Konstruk- tionshöhe cm	Platten- spannweite m	Konstruk- tionshöhe cm	Abstand der Deckenträger m	Konstruk- tionshöhe cm
250	I	3,0	43	6,0	37	3,0	44
	II	3,0	50	—	—	2,0	29
500	I	3,0	50	6,0	37	3,0	50
	II	3,0	54	—	—	2,0	35
750	I	3,0	57	6,0	37	3,0	55
	II	2,0	54	—	—	2,0	39
1000	I	3,0	60	6,0	37	3,0	57
	II	2,0	58	—	—	2,0	41
1500	I	3,0	65	6,0	43	2,0	65 (55)
	II	2,0	64	—	—	2,0	45
2000	I	3,0	70	6,0	47	2,0	70 (60)
	II	2,0	68	—	—	2,0	50

denen von Frank (I) in den Zahlentafeln 15 und 16 noch kurz einander gegenübergestellt sind, dürften aber vorläufig schon an der einen Sonderaufgabe die großen Vorteile des Stahls in der sparsamen baulichen Durchbildung und Ausnützung des zur Verfügung stehenden Raumes in Grundfläche und Höhe deutlich genug ersichtlich machen. Damit wird auch die Hinfälligkeit der Schlußfolgerungen, dem Stahlbau seine selbständige Behauptung im Großgeschoßbau absprechen zu wollen, klargelegt und die Aussichten seines Anteiles an der künftigen Entwicklung und Ausgestaltung dieser Bauten ins richtige Licht gerückt sein.

Bemessungstabeln für Eisenbetonkonstruktionen. Tafeln zum Ablesen der Momente, der Bewehrungen für einfach und doppelt bewehrte Platten, Balken und Plattenbalken bei Verwendung von gewöhnlichem und hochwertigem Zement und Eisen bzw. Stahl, mit Berücksichtigung der Spannungen im Steg, und Tafeln für das sofortige Ablesen von Stützenquerschnitten und Bewehrungen auch bei Knickgefahr. Von Baurat **Paul Gödel**, Berat. Ingenieur, Leipzig. IV, 231 Seiten. 1927. Gebunden RM 22.—

Untersuchungen über den Einfluß häufig wiederholter Druckbeanspruchungen auf Druckelastizität und Druckfestigkeit von Beton. Von Dr.-Ing. **Alfred Mehmel**. Mit 30 Textabbildungen. IV, 74 Seiten. 1926. RM 6.60

Durchlaufende Eisenbetonkonstruktionen in elastischer Verbindung mit den Zwischenstützen (Plattenbalkendecken und Pilzdecken). Einflußlinientafeln und Zahlentafeln für die maximalen Biegemomente und Auflagerdrücke infolge ständiger und veränderlicher Belastung unter Berücksichtigung der Stützeinspannung (Winklersche Zahlen) nebst Anwendungsbeispielen. Von Baurat Dr.-Ing. **F. Kann**, Wismar. Mit 47 Textabbildungen. V, 72 Seiten. 1926. RM 7.20

Die Grundzüge des Eisenbetonbaues. Von Geh. Hofrat Prof. Dr.-Ing. e. h. **M. Foerster**, Dresden. Dritte, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 183 Textabbildungen. XII, 570 Seiten. 1926. Gebunden RM 25.50

Vorlesungen über Eisenbeton. Von Prof. Dr.-Ing. **E. Probst**, Karlsruhe.
Erster Band: **Allgemeine Grundlagen. — Theorie und Versuchsforschung. — Grundlagen für die statische Berechnung. — Statisch unbestimmte Träger im Lichte der Versuche.** Zweite, umgearbeitete Auflage. Mit 70 Textabbildungen. XI, 620 Seiten. 1923. Gebunden RM 24.—
Zweiter Band: **Anwendung der Theorie auf Beispiele im Hochbau, Brückenbau und Wasserbau. — Grundlagen für die Berechnung und das Entwerfen von Eisenbetonbauten. — Allgemeines über Vorbereitung und Verarbeitung von Eisenbeton. — Richtlinien für Kostenermittlungen. — Architektur im Eisenbeton. — Amtliche Vorschriften.** Mit 71 Textfiguren. VIII, 642 Seiten. 1922. Gebunden RM 20.—

Beton. Anregungen zur Verbesserung des Materials. Ein Ergänzungsheft zu Vorlesungen über Eisenbeton. Erster Band. Zweite Auflage. Von Prof. Dr.-Ing. **E. Probst**, Karlsruhe. Mit 7 Textabbildungen. 1.—3. Tausend. IV, 54 Seiten. 1927. RM 3.—

Die Arbeitsfestigkeit der Eisenbetonbalken. Von Ing. **Wilhelm Thiel**. Mit 4 Abbildungen im Text. IV, 53 Seiten. 1924. RM 2.25

Der Bauingenieur in der Praxis. Eine Einführung in die wirtschaftlichen und praktischen Aufgaben des Bauingenieurs. Von **Theodor Janssen**, Professor, Reg.-Baumeister a. D. Zweite, neubearbeitete und erweiterte Auflage. V, 494 Seiten. 1927. Gebunden RM 23.50

Der Beton. Herstellung, Gefüge und Widerstandsfähigkeit gegen physikalische und chemische Einwirkungen. Von Dr. **Richard Grün**, Direktor am Forschungsinstitut der Hüttenzementindustrie in Düsseldorf. Mit 54 Textabbildungen und 35 Tabellen. X, 186 Seiten. 1926. RM 13.20; gebunden RM 15.—

Der Zement. Herstellung, Eigenschaften und Verwendung. Von Dr. **Richard Grün**, Direktor am Forschungsinstitut der Hüttenzementindustrie in Düsseldorf. Mit 90 Textabbildungen und 35 Tabellen. IX, 173 Seiten. 1927. Gebunden RM 15.—

Ist Gußbeton wirtschaftlich? Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit von Gußbeton gegenüber Stampfbeton von Dr.-Ing. **L. Baumeister**, Stuttgart. Mit 43 Abbildungen und 14 Tabellen. IV, 101 Seiten. 1927. RM 7.50

Die rationelle Bewirtschaftung des Betons. Erfahrungen mit Gußbeton beim Bau der Nordkaje des Hafens II in Bremen. Von Baurat Dr.-Ing. **Arnold Agatz**, Bremen. (Erweiterter Sonderabdruck aus „Der Bauingenieur“ 1926, Heft 34, 36 und 37). Mit 60 Abbildungen. IV, 124 Seiten. 1927. RM 7.50

Organisation und Betriebsführung der Betontiefbaustellen. Von Baurat Dr.-Ing. **A. Agatz**, Bremen. Mit 29 Abbildungen und Musterformularen. 88 Seiten. 1923. RM 3.60

Das Wesen des Gußbetons. Eine Studie mit Hilfe von Laboratoriumsversuchen. Von Dr.-Ing. **G. Bethke**. Mit 33 Textabbildungen. 58 Seiten. 1924. RM 3.30

Der Aufbau des Mörtels und des Betons. Untersuchungen über die zweckmäßige Zusammensetzung des Betons und des Zementmörtels im Beton-Hilfsmittel zur Vorausbestimmung der Festigkeitseigenschaften des Betons auf der Baustelle. Versuchsergebnisse und Erfahrungen aus der Materialprüfungsanstalt an der Technischen Hochschule Stuttgart. Von **Otto Graf**. Zweite, neubearbeitete Auflage. Mit 60 Textabbildungen. VII, 76 Seiten. 1927. RM 7.20

Das Torkretverfahren und seine technischen Probleme. Von Dr.-Ing. **Adalbert Szilard**. Mit 25 Textabbildungen. 65 Seiten. 1925. RM 3.—